

Revista UniAraguaia

NÚMERO: 18

VOLUME: 3

ANO: 2023

ISSN: 2676-0436



REVISTA UNIARAGUAIA

v. 18 n. 3 set./dez. 2023

REVISTA UNIARAGUAIA

REITOR

Me. Arnaldo Cardoso Freire

EDITORA CHEFE

Ma. Rita de Cássia Rodrigues Del Bianco

VICE EDITOR CHEFE

Dr. Milton Silva Junior

EDITORA ACADÊMICA

Dr^a. Nelia Rodrigues Del Bianco

Dr^a Elaine Nicolodi

CONSELHO EDITORIAL

Me. Arnaldo Cardoso Freire

Me. Hamilcar Pereira e Costa

COMISSÃO EXECUTIVA

Dr. Fernando Ernesto Ucker

Dr. Ronaldo Rosa dos Santos Junior

Dr^a. Divina Aparecida Vilhalva

Dr^a. Rosane de Paula Castro

Dr. Paulo Henrique Asfora

CONSELHO CONSULTIVO INTERNO

Dr^a. Tatiana Carilly Oliveira Andrade

Dr Fernando Ernesto Ucker

Dr. Euler Alves Cardoso

Dra. Aline Helena da Silva Cruz

Dr^a Elaine Nicolodi, Brasil

Dr^a Sandra Maria de Oliveira

Dr. André Luiz Silveira

Dr. Célio Antônio de Paula Júnior

Dr^a Ana Carolina Marques

Me. Tarek Chaher Kalaoun

Ma. Ana Paula de Aguiar Fuzo

Ma. Isabelle Rocha Arão

Me. Dannilo Carvalho Borges

CONSELHO CONSULTIVO EXTERNO

Dr. Francisco Itami Campos,
UniEVANGÉLICA

Dr^a Flávia Rebelo Mochel, Universidade
Federal do Maranhão

Dr^a Luci Cajueiro Carneiro Pereira,
Universidade Federal do Pará

Dr. Rauquírio Marinho da Costa,
Universidade Federal do Pará-UFPA.
Instituto de Estudos Costeiros-IECOS.

Dr. Eduardo Tavares Paes, Universidade
Federal Rural da Amazônia (UFRA)

Dr^a Ana Lúcia Padrão dos Santos,
Universidade de São Paulo,

Dr^a Soraia Chung Saura, Escola de Educação
Física e Esporte - USP

Dr. Vilton Soares de Souza, Instituto Federal
do Maranhão - IFMA

Dr^a Anatórcia Alves, Universidade Estadual
da Região Tocantina do Maranhão
(UEMASUL)

Dr. Ivan Silveira de Avelar, Secretaria de
Estado da Educação, Cultura e Esporte do
Estado de Goiás

Dr. Darcy Schnorrenberger, Universidade
Federal de Santa Catarina

Dr. Antonio Júnior Alves Ribeiro, Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Ceará – Campus Juazeiro do Norte

Dr. Gabriel Tenaglia Carneiro, Uni-
Anhanguera

Dr. Márcio Norberto Farias, Universidade
Federal de Lavras

Dr^a Mariana Pires de Campos Telles,
Pontifícia Universidade Católica de Goiás e
Universidade Federal de Goiás

Dr^a Priscilla Guedes gambale, Universidade
Estadual de Mato Grosso do Sul

Dr. Amauri Aparecido Bassoli de Oliveira,
Universidade Estadual de Maringá - UEM,
Brasil

Dr. Joaquim Júlio de Almeida júnior, Centro
Universitário de Mineiros - UniFIMES /
Escola Superior Agrícola de Coimbra-
Portugal - ESAC

Dr. Rildo Mourão Ferreira, Universidade De
Rio Verde - UNIRV

Dr. Ademar Santos de Araújo, Centro de
Educação Popular e Pesquisas Econômicas e
Sociais - CEPPEs

Dr^a. Samara Lamounier Santana Parreira,
Unievangélica e UNIP

Dr^a Simone Maria Teixeira de Sabóia-
Morais, Universidade Federal de Goiás

Dr. Klaus de Oliveira Abdala, Universidade
Federal de Goiás (UFG)

Dr. Aristônio Magalhães Teles,
Universidade Federal de Goiás

Dr^a Daniela Melo e Silva, Universidade
Federal de Goiás

Dr. Marcus E. B. Fernandes, Universidade
Federal do Pará - UFPA - Campus de
Bragança

Dr. Jácomo Divino Borges, Universidade
Federal de Goiás/Escola de Agronomia –
Setor de Engenharia Florestal

Dr. Pedro Vale de Azevedo Brito, Instituto
de Ciências Biológicas – Universidade
Federal de Goiás

Dr^a Francisca Helena Muniz, Universidade
Estadual do Maranhão

Dr. Leandro Schlemmer, Universidade
Federal do Pará

Dr. Marcelo De Oliveira Lima, Seção De
Meio Ambiente (SAMAM), Instituto
Evandro Chagas (IEC), Secretaria Nacional
De Vigilância Em Saúde (SVS), Ministério
Da Saúde (MS)

Dr. Adegmar José Ferreira, Universidade
Federal de Goiás (UFG) e Tribunal De
Justiça e Goiás (Juiz titular da 10^a Vara
Criminal)

Dr. Valmor Ramos, Centro de Ciências da
Saúde e do Esporte/CEFID da Universidade
do Estado de Santa Catarina / UDESC

Dr. Elcio Cassimiro Alves, Universidade
Federal do Espírito Santo

Dr. Clarimar José Coelho, Pontifícia
Universidade Católica de Goiás

Dr^a. Josana de Castro Peixoto, Universidade Estadual de Goiás e Programa de Pós-graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente (PPSTMA), Centro Universitário de Anápolis- UniEvangélica

Dr. Orlando Ferreira Gomes, Escola de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal De Goiás

Dr^a Suelly Helene de Araújo Barroso, Universidade Federal do Ceará

Dr^a Ana Livia Bomfim Vieira, Universidade Estadual do Maranhão

Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres, Universidade Estadual do Maranhão

Dr^a Patricia Stella Pucharelli Fontanini, Departamento de Arquitetura e Construção - Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP

Dr. Rodolfo José De Campos Curvo, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Dr. Bismarck Ascar Sauaia, UNICEUMA/UFMA

Dr. Francisco Pereira de Oliveira, Universidade Federal do Pará

Dr. Elimar Pinheiro do Nascimento, Universidade de Brasília

Dr. André Cantareli da Silva, Universidade Federal Fluminense

Dr. Alberto Eduardo Besser Freitag, Universidade Federal Fluminense

Dr. Sandro Xavier de Campos, Universidade Estadual de Ponta Grossa

Dr. Paulo Roberto de Melo Reis, Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Dr. Leonardo Ramos da Silveira, Instituto Federal de Goiás – Campus Águas Lindas

Dr. Leonardo Ramos da Silveira, Instituto Federal de Goiás - IFG

Dr^a Hellen Elaine Gomes Pelissaro, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, UFMS, CORUMBÁ-MS

Dr. Francisco Leonardo Tejerina Garro, Pontifícia Universidade Católica de Goiás; UniEVANGÉLICA

Dr^a Abadia dos Reis Nascimento Nascimento, Universidade Federal de Goiás

Dr^a Grazielle Fernanda Evangelista Gomes, Universidade Federal do Pará - Campus Bragança,

Dr. Mauro Luis Ruffino

Dr^a Bianca Bentes da Silva, Universidade Federal do Pará - campus Bragança

Dr. Evandro Severino Rodrigues, Instituto de Pesca (SP)

Dr. Leonardo Silva Soares, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão

Dr. Emil José Hernández Ruz, Universidade Federal do Pará, Campus universitário de Altamira

Dr^a Geruza Silva de Oliveira Vieira, UFMT

Dr. Luiz Augusto da Costa Porto, PONTIFÍCIA Universidade Católica de Goiás; Centro Universitário de Goiás – Uni-ANHANGUERA

Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior, Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA

Dr. Moacir Fernando Viegas, Universidade de Santa Cruz do Sul

Dra. Maria Raimunda Chagas Silvas, Universidade CEUMA-UNICEUMA

Dr. Keid Nolan Sousa Sousa, Universidade Federal do Oeste do Pará

Dr. Thiago Lívio Pessoa Oliveira de Souza, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Dr^a Gisele Cavalcante Moraes, Centro de Estudos do Mar / Universidade Federal do Paraná

Dr^a Valerie Sarpedonti, Universidade Federal do Pará – Instituto de Ciências Biológicas

Dr. Rogério Bendito Silva Añez, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

Dr^a Carolina Cardoso Deuner, Universidade De Passo Fundo

Dr. Rodrigo da Silva Santos, Universidade Federal de Goiás (UFG)

Dr. Flávio Reis Santos, Universidade Estadual de Goiás

Dr. Denilson da Silva Bezerra, Universidade Federal do Maranhão

CONSELHO CONSULTIVO EXTERNO INTERNACIONAL

PhD. Hasrat Arjjumend, Founder President, The Grassroots Institute (Canada) Senior Fellow, Centre for International Sustainable Development Law, McGill University (Canada) Mitacs Elevate Fellow, Université de Montreal (Canada)

PhD. María Rosa Mosquera Losada, University of Santiago de Compostela

Dr. Inácio Valentim, Director geral do INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO SOL NASCENTE do Huamboem Angola.

PhD. Andrés B. Fernández Revelles, Departamento de Educación Física y Deportiva, Facultad de Ciencias del

Deporte, Universidad de Granada, Granada, España.

Dr. Bruno de Oliveira Jayme, University of Victoria

Dr^a Marianna Chaves, Universidade Nacional Timor Lorosa'e THD - Centro de Investigação da Universidade de Lisboa Instituto Brasileiro de Direito de Família, Timor-Leste

MSc. Jiban Shrestha, Nepal Agricultural Research Council, Agriculture Botany Division, Khumaltar, Lalitpur, Nepal

Me. Diego Felipe Arbeláez Campillo, Universidad de la Amazonia Florencia-Caquetá-Colombia

AVALIADORES DESTA NÚMERO

Dr ^a Aline de Fatima Sales Silva	UFGD	Dourados - MS
Dr ^a Aline Cristiane Kamiya	UniAraguaia	Goiânia - GO
Me. Antônio Carlos Assis Leonel	UGF	Goiânia - GO
Dr ^a Bianca Bentes da Silva	UFPA	Belém - PA
Dr. Célio Antônio de Paula Júnior	UniAraguaia	Goiânia - GO
Dr. Ederson Luís Silveira	UFSC	Florianópolis - SC
Dr ^a Elaine Nicolodi	UniAraguaia	Goiânia - GO
Dr. Fabio Henrique Casarini Geronimo	UniAraguaia	Goiânia - GO
Dr ^a Flávia Rebelo Mochel	UFMA	São Luís - MA
Me. Francys Resstel Del Hoiyo	Faculdades EST	São Leopoldo - RS
Dr. Gabriel Tenaglia Carneiro	AMMA	Goiânia - GO
Ma. Helena do Socorro Campos Da Rocha	UFPA	Belém - PA
Dr. Ivan Silveira de Avelar	SEDUC	Goiânia - GO
Ma. Ivna Olimpio Lauria	UniAraguaia	Goiânia - GO
Me. Joaquim Orlando	UniEvangélica	Anápolis - GO
Me. Lucas Salomão Rael de Moraes	UniAraguaia	Goiânia - GO

Ma. Marília Gonçalves Marques	UFV	Rio Paranaíba – MG
Dra. Paula Verônica Campos Jorge Santos	UFMA	São Luís - MA
Ma. Renata Vaz Ribeiro	UniAraguaia	Goiânia - GO
Dr ^a Ressiliane Ribeiro Prata Alonso	SEMAD	Divinópolis, MG
Dra. Rita Rodrigues Del Bianco	UniAraguaia	Goiânia - GO
Dr. Rodrigo de Souza Silva	UniAraguaia	Goiânia - GO
Me. Tarek Chaher Kalaoun	UniAraguaia	Goiânia - GO

REVISTA UNIARAGUAIA

18

nº 3

Set/Dez

2023

REVISTA UNIARAGUAIA é uma publicação eletrônica quadrimestral da UniAraguaia. Seu objetivo consiste em publicar, mediante avaliação por pares do Conselho editorial ou pareceristas ad hoc, artigos, pontos de vista, resumos, resenhas, ensaios relevantes e resultantes de estudos teóricos e pesquisas nas áreas de Administração, Arquitetura e Urbanismo, Ciências Biológicas, Ciências Contábeis, Design de Moda, Direito, Educação Física, Enfermagem, Engenharia Agrônoma, Engenharia Ambiental e Sanitária, Engenharia Civil, Estética e Cosmética, Fisioterapia, Gastronomia, Gestão Comercial, Jornalismo, Nutrição, Pedagogia, Psicologia, Publicidade e Propaganda, abrangendo temáticas ou linhas de pesquisa multidisciplinares com enfoque direcionado ao aperfeiçoamento da educação, geração de solução para problemas da sociedade, desenvolvimento do senso crítico profissional como fonte de recursos para a construção do conhecimento.

Circulação: a partir de dezembro de 2011

Publicação Eletrônica Gratuita

Acesso em: <https://sipe.uniaraguaia.edu.br/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/index>

Editada em Dezembro de 2023. Última edição em Agosto de 2023. Publicada em Janeiro de 2023.

Esta obra está licenciada com uma Licença *Creative Commons* Atribuição 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

A REVISTA UNIARAGUAIA está classificada no sistema Qualis Periódicos CAPES (Classificação de Periódicos Quadriênio 2017-2020) como **B1** nas áreas de avaliação:

- Administração Pública e de Empresas
- Ciências Contábeis e Turismo
- Arquitetura, Urbanismo e Design
- Ciências Agrárias I
- Ciências Ambientais
- Educação
- Educação Física
- Engenharias I
- Engenharias III
- Ensino
- Filosofia
- História
- Interdisciplinar
- Matemática / Probabilidade e Estatística
- Medicina II
- Psicologia
- Sociologia

A REVISTA UNIARAGUAIA tem seus artigos catalogados e indexados em:

Internacional:

Bielefeld Academic Search Engine (BASE)
Biola University Library
Boston University (USA)
Brandeis University (USA)
CiteFactor
CORE - The world's largest collection of open access research papers
EZB Electronic Journals Library
IE Library
Indiana Library WorldCat
Indiana University East (campuslibrary (USA))
ISSUU
IUPUI Libraries
Journals4Free
Latindex - México [Sistema Regional de Información em Línea para Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal.
MIAR (Universitat de Barcelona)
MIT Libraries
Northeastern University (USA)
PKP Index (Public Knowledge Project)
REDIB
Redalyc
Roderic Bowen Library and Archives (United Kingdom) -
Scinapse- Academic Search Engine
Semantic Scholar
Sistema de Información Científica Redalyc
SHERPA/RoMEO
The Mount Library
The Mount Library
Tilburg University (The Netherlands)
Tufts University (USA)
University Of Arizona (USA)
University of Connecticut (USA)
University of Skövde Library
Williams College (USA)
WZB Berlin Social Science Center
ZDB Zeitschriften Datenbank

Nacional:

Portal de Periódicos CAPES
DIADORIM [(Diretório de Acesso Aberto de Revistas Científicas Brasileiras
Diretório das revistas científicas eletrônicas brasileiras – MIGUILIM
IBICT OASISBR
R2B - Rede de Revistas Brasileiras
Rede CARINIANA
Sumários.org
LIVRE Revistas de livre acesso
Google Acadêmico

Ficha Catalográfica

REVISTA UNIARAGUAIA, v. 18 n° 3 (2023) - Goiânia: Editora Centro Universitário Araguaia.

v. 18, n° 2 (Set./Dez., 2023).

Quadrimestral.

ISSN (online): 2676-0436

1. Centro Universitário Araguaia – Periódicos.

Centro Universitário UniAraguaia

Av. T-10, 1047

Bairro Bueno

CEP: 74223-060 Goiânia – GO

Telefone: +55 (62) 3923-5400

<https://sipe.uniaraguaia.edu.br/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA>

REVISTA UNIARAGUAIA

Volume 18 Número 3

Set./Dez.2023

SUMÁRIO
Table of Contents

ARTIGOS
Articles

ENSINO DE HISTÓRIA E A QUESTÃO AFRO-BRASILEIRA NO CURRÍCULO ESCOLAR

Teaching history and the afro-brazilian issue in the school curriculum

S. C. Duarte.....1-9

A PRESENÇA DO CONSTRUTIVISMO NO PROCESSO DE ALFABETIZAÇÃO EM LINGUAGEM NO BRASIL

The presence of constructivism in the literacy in language process in brazil

T. W. Hilario, D. F. Pinto, R. S. P. de Souza, K. A. C. Viana, V. R. de Freitas e Queiroz, J. Peixoto.....10-23

ESTUDO E MODELAGEM DA RECONSTITUIÇÃO DE SOLOS POR COMPACTAÇÃO QUASE ESTÁTICA

Study and modeling reconstitution of soils through quasi-static compaction

A. G. de Araujo, M. P. da Luz, V. Correchel, M. T. Haragushi, F. E. Ucker.....24-39

FUNDAMENTANDO O ETNOCONHECIMENTO E AS DIRETRIZES DA EDUCAÇÃO DO CAMPO E DA EDUCAÇÃO QUILOMBOLA

Grounding ethnoknowledge and guidelines for rural education and quilombola education

H. J. F. de Sousa, M. J. de Pinho.....40-61

ASPECTOS PRODUTIVOS E DESAFIOS DA SISALICULTURA EM UM MUNICÍPIO DO CURIMATAÚ OCIDENTAL DA PARAÍBA

Productive aspects and challenges of sisaliculture in a municipality of curimataú ocidental paraíba

K. G. Abreu, E. da N. Torres, J. P. de O. Santos, M. L. A. Macedo.....62-70

INSÔNIA ENTRE MULHERES NA MATURIDADE INTEGRANTES DO PROJETO AMORA'S

Insomnia among mature women members of project amora's

J. M. Barreto, M. R. da Silva, N. S. Formiga.....71-83

INDICADORES FÍSICOS DA QUALIDADE DO SOLO EM BACIAS DE RETENÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO

Physical indicators of soil quality in retention basins in dystrophic red oxisol

M. T. H., M. P. da Luz, V. Correchel, N. P. Griebeler, F. C. V. dos Santos, A. G. de Araújo, F. E. Ucker.....84-98

EMERGENCE AND INITIAL DEVELOPMENT OF MURICI SEEDLINGS UNDER DIFFERENT SUBSTRATES

Emergência e desenvolvimento inicial de mudas de murici em diferentes substratos

N. P. R. Reges, E. E. S. Mota, M. P. dos Santos, J. L. da C. Souza, V. Bernardes, L. B. e Silva.....99-111

STUDY OF ALGORITHMS APPLIED TO VOICE SIGNAL ANALYSIS: RECOGNITION OF VOICE PATTERNS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Estudo de algoritmos aplicados à análise de sinais de voz: reconhecimento de padrões de voz utilizando inteligência artificial

A. B. dos Santos, S. da Silva, P. J. Abrão, L. M. dos Santos.....112-120

OPTIMUM DESIGN OF PRESTRESSED HOLLOW CORE SLAB VIA GENETIC ALGORITHM

Projeto ótimo de lajes alveolares protendidas via algoritmo genético

K. B. Ferro, A. M. Baldi, É. C. Alves.....121-137

DOSAGENS DE NITROGÊNIO E PRODUÇÃO DE MENTA (MENTHA PIPERITA L.)

Nitrogen dosages and production of mint (mentha piperita l.)

L. O. dos Santos, R. B. da Costa, M. M. dos Santos, B. L. R. da Costa, J. C. M. Nogueira.....138-148

AVALIAÇÃO DA ESTRADA NÃO PAVIMENTADA E BACIAS DE RETENÇÃO COMO REFERÊNCIA A CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA E TOMOGRAFIA DO SOLO

Evaluation of unpaved road and retention basins as reference to hydraulic conductivity and soil tomography

M. T. Haraguchi, M. P. da Luz, V. Correchel, N. P. Griebeler, F. C. V. dos Santos, A. G. de Araújo, F. E. Ucker.....149-167

ENSINO DE HISTÓRIA E A QUESTÃO AFRO-BRASILEIRA NO CURRÍCULO ESCOLAR

Samuel Correa Duarte¹

RESUMO

O presente texto tem como foco a análise do processo de recepção da questão afro-brasileira no campo educacional. O problema básico é como se deu o reconhecimento da herança da escravidão expressa no racismo e a formulação de políticas e práticas educacionais para combatê-lo. Nossa hipótese é que somente o aprimoramento das práticas educacionais rumo à igualdade racial será capaz de equacionar os males derivados da herança da escravidão. O objetivo do presente texto foi examinar a trajetória do debate político-institucional sobre a questão afro-brasileira e sua articulação com a educação. Esperamos contribuir para desenvolver o debate em torno dos erros e acertos sobre o tema no campo escolar e os rumos a seguir com vistas ao acolhimento a nível das mentalidades do fato do multiculturalismo que permeia nossa sociedade. Do ponto de vista metodológico foi empreendida abordagem qualitativa, construída através de pesquisa bibliográfica.

Palavras-Chave: História; Cultura afro-brasileira; Currículo.

TEACHING HISTORY AND THE AFRO-BRAZILIAN ISSUE IN THE SCHOOL CURRICULUM

ABSTRACT

This text focuses on the analysis of the reception process of the Afro-Brazilian issue in the educational field. The basic problem is how the recognition of the heritage of slavery expressed in racism and the formulation of educational policies and practices to combat it took place. Our hypothesis is that only the improvement of educational practices towards racial equality will be able to equate the evils derived from the legacy of slavery. The objective of this text was to examine the trajectory of the political-institutional debate on the Afro-Brazilian issue and its articulation with education. We hope to contribute to the development of the debate around the mistakes and successes on the subject in the school field and the directions to follow with a view to welcoming at the level of mentalities the fact of multiculturalism that permeates our society. From the methodological point of view, a qualitative approach was undertaken, built through bibliographic research.

Keywords: History; Afro-brazilian culture; Curriculum.

Recebido em 10 de setembro de 2023. Aprovado em 14 de novembro de 2023

¹ Bacharel em Ciências Sociais pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Mestre em Ciência Política pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Mestre em Desenvolvimento e Planejamento Territorial - Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Mestre em História pela Universidade Federal do Amapá. Doutor em Sociologia pela Universidade Estadual do Ceará. Estágio em doutorado sanduíche na Universidade do Porto-PT.

INTRODUÇÃO

A luta contra as desigualdades sociais está diretamente ligada à valorização da diversidade cultural e a abertura para as expressões dos segmentos sociais subalternizados. No campo educacional, a inserção curricular das diferentes narrativas geradas pela trajetória dos grupos sociais subalternizados que compõem nossa sociedade no percurso formativo é demanda premente, com vistas a acolher a diversidade cultural e efetivar a inclusão social (CANDAUI, 2016). O estudo e ensino de história repousa sobre as tensões sociais que permeiam a sociedade. Sendo assim, analisar a inclusão da história e cultura afro-brasileira constitui objeto de primeira ordem para a compreensão dos modos como lidamos coletivamente com nosso mosaico sociocultural.

O presente texto tem como foco a análise do processo de recepção da questão afro-brasileira no campo educacional. O problema básico é como se deu o reconhecimento da herança da escravidão expressa no racismo e a formulação de políticas e práticas educacionais para combatê-lo – a memória rediviva como crítica do presente (ESCOBAR, 2003).

O pressuposto subjacente é o poder transformador da educação ante as mentalidades, de modo que uma mirada multicultural poderia ajustar o percurso formativo dos educandos rumo ao reconhecimento e acolhimento da diversidade. Propomos a longa duração como marco temporal para análise do tema em questão, partindo do Brasil colonial até chegar aos dias atuais, na busca de compreender as linhas mestras que guiam as complexas relações entre a dinâmica sociopolítica e a educação.

Nossa hipótese é que somente o aprimoramento das práticas educacionais rumo à igualdade racial será capaz de equacionar os males derivados do processo colonial. Admitimos que a escola, enquanto instituição formadora de mentalidades, não pode se furtar à sua tarefa de promoção da inclusão social. Para tanto, os instrumentos de política educacional e currículo são elementos de primeira ordem visto que orientam a agenda do processo de ensino-aprendizagem – que devem ser, para tanto, descolonizados (MIGNOLO, 2008).

O objetivo do presente texto foi examinar a trajetória do debate político-institucional sobre a questão afro-brasileira e sua articulação com a educação. Esperamos contribuir para desenvolver a discussão em torno dos erros e acertos sobre o tema no campo escolar e os rumos a seguir com vistas ao acolhimento a nível das mentalidades do fato do multiculturalismo que permeia nossa sociedade.

Do ponto de vista metodológico foi empreendida abordagem qualitativa, construída através de pesquisa bibliográfica. O foco da pesquisa bibliográfica aqui é discorrer sobre o tema em tela recorrendo a estudos progressos. Conhecer contribuições que permitam delimitar campos de estudo e abrir diálogos teóricos e perspectivas de pesquisa são objetivos precípuos dessa abordagem.

A pesquisa bibliográfica de acordo com Koche (2011) permite mapear a trilha do saber sobre uma área ou tema de estudo. O princípio básico é que o conhecimento prévio sobre um tema deve estruturar uma pesquisa presente e orientar o debate, seja para a sua superação ou aprofundamento. No caso do presente estudo, pelo escopo restrito, pretende-se explorar as conexões entre os temas do currículo escolar e a história afro-brasileira.

Os textos selecionados como referência bibliográfica compõem um mosaico que consideramos representativo dos principais eixos do debate entre a constituição do campo historiográfico como parte do percurso formativo de educandos e como essa área se articula com a promoção da cultura afro-brasileira e a luta antirracista. Severino (2013) orienta o inventário das categorias que qualificam teorias e eixo de análise utilizado por diferentes autores para subsidiar a discussão. Isso significa reconhecer que existem

noções incontornáveis que precisam ser utilizadas, para dar substância ao estudo, em conformidade com o debate vigente do objeto em análise.

Bastos e Ferreira (2016) admitem que as fontes bibliográficas são variáveis e que, portanto, o pesquisador deverá operar um recorte, uma seleção, com vistas a construir seu instrumento de análise. A linha mestra que guiou a construção da presente abordagem foram os estudos historiográficos em educação brasileira e a perspectiva decolonial como proposta de revisão crítica dos processos sociais (MIGNOLO, 2017).

DESENVOLVIMENTO

A história tem o potencial de propor a formação da consciência e construção de identidades, o que a torna um instrumento imprescindível para qualquer projeto de sociedade (POLLAK, 1992). De acordo com Mathias (2011) a história ensinada é reflexo da ideologia dominante na sociedade em cada época. Nesse sentido, grupos sociais disputam o controle sobre a prática educacional na interface entre estado, sociedade civil e mercado – o primeiro pode ser exemplificado pelas políticas educacionais, o segundo pelos movimentos sociais que atuam diretamente na promoção da educação ou indiretamente influenciando nas políticas educacionais, enquanto o terceiro vislumbra na prática educacional um setor privilegiado para auferir ganhos. O currículo escolar e a dinâmica da sala de aula não passam incólumes a essas disputas, produzindo ajustes e tensões com relação à prática docente.

O campo do ensino de história é sensível a essa conjuntura pela sua composição ancorada em narrativas que visam interpretar o tempo pretérito – controlar o passado é um objetivo recorrente dos grupos que disputam o poder. Pinsky (2001) ressalta que os relatos de viajantes produzidos no decurso do processo colonial deixaram narrativas fundantes para a compreensão de nossa formação histórica a partir de um olhar estrangeiro. Assim o processo de soerguimento da nação brasileira deve ser percebida nos termos de uma Europa que se enveredava nas grandes navegações com vistas à conquista de territórios ultramarinos. No contexto de uma colônia de exploração, Boto (2004) informa que seria somente com a versão lusitana do iluminismo, sob o governo do Marquês de Pombal no século XVIII, que o estado se tornaria protagonista na produção de políticas educacionais para o Brasil, derrogando as prerrogativas exclusivas da Igreja Católica, em particular dos jesuítas.

Pinsky (2001) lembra que a emancipação política do Brasil não decorreu de uma ruptura radical com a metrópole. Num primeiro momento temos a conversão da colônia em sede do império pela acomodação da gestão lusitana, em função de eventos militares envolvendo a França napoleônica. Esse fato criou o ambiente propício para a formação de um consenso entre a elite agrária colonial de que não deveriam retornar ao status anterior à chegada da corte de Dom João VI ao Brasil. Se tratava mais de uma agenda econômica da classe dominante do que um projeto político calcado numa identidade nacional, que de fato somente seria elaborada ao longo do regime imperial – sendo assim, podemos dizer que o Estado brasileiro antecedeu a formação do povo brasileiro e, por consequência, da própria história oficial desse povo. Saviani (2004) anota que a elevação do Brasil a sede do império lusitano e, posteriormente a nação independente, levou à criação de cursos superiores, em especial na Bahia e Rio de Janeiro, para atender as demandas governamentais e econômicas. Nesse período, as tendências pedagógicas principais eram a de cariz religiosa derivada da atuação educacional da igreja católica e a pedagogia tradicional, leiga e voltada para a compreensão da natureza humana.

A construção da identidade nacional se entrelaça com as narrativas históricas, como observa Pinsky (2001) que, no decurso do Brasil imperial, se buscava contrapor o

projeto nacional com as deferentes tentativas de colonização local, em particular com a empresa holandesa no nordeste brasileiro – a questão é que a constituição do self (quem somos) depende de sua articulação com a alteridade (quem são os outros). Nesse espectro os sermões de Padre Vieira constituíram matéria singular para essa construção da identidade nacional pela oposição com o invasor flamengo – é ali que o mito das três raças convivendo em harmonia e lutando em defesa da terra ganharia forma, sendo mobilizado para a legitimação do regime imperial. Mais tarde essa alegoria intercultural viria a se cristalizar no eixo discursivo sobre nossa formação nacional ao longo dos tempos.

De acordo com Mathias (2011) ao longo do século XIX, o ensino de história estava vinculado à formação cívica, tendo em vista o propósito de formação do povo brasileira para o novo estado independente – a narrativa factualista se confundia com a elegia dos atores políticos e sociais escolhidos pela elite dominante como heróis nacionais. A perspectiva era europeizante e a linha adotada era a da escola metódica de historiografia – assim a história nacional era ensinada como parte do processo civilizatório ocidental iniciado com a empresa colonial. Pinsky (2001) recorda que a abolição da escravatura criou um dilema societário: não havia país sem o concurso da mão de obra africana e, por outro lado, o instituto da escravidão não era mais sustentável ante as pressões externas. No século XX, com a revolução burguesa a partir de São Paulo, ocorreria a absorção do negro como mão de obra no meio urbano e seu consequente assentamento nas periferias urbanas – note-se que estavam assim preservadas as condições de exploração do negro pela elite branca, agora sob a égide do capital.

Mathias (2011) registra que na primeira metade do século XX assistimos os intentos do estado brasileiro em assumir o protagonismo com a criação do Ministério da Educação, com a incumbência de elaborar as diretrizes curriculares e fiscalizar a atividade educacional – e a partir dessa fase temos oficialmente uma política pública especializada para a educação em território nacional. O governo liderado por Getúlio Vargas entre 1930 e 1945 elevou a história como disciplina autônoma com vistas à promoção do nacionalismo. Se, por um lado, ainda prevalecia a abordagem elitista da história, a ascensão gradativa das classes populares e seu acesso ao sistema educacional ensejavam mudanças no tratamento das narrativas históricas com vistas a contemplar as relações de trabalho.

Pinsky (2001) assevera que a presença negra na composição do povo brasileiro se deu às expensas de uma inclusão de fato – ao negro sempre foi permitido compor o mosaico cultural nacional, desde que preservada sua condição subalterna em matéria de direitos sociais, políticos e econômicos – ou seja, se admitia a imagem do negro como parte do mito das três raças, mas ao negro real se negava acesso à cidadania. É contra essa conjuntura que se levantaram as expressões sociais da negritude e se constituiu a agenda educacional focada na tradição e cultura afro-brasileira.

Com o golpe militar de 1964 temos um novo momento no qual o cariz autoritário se acerba e o controle estatal sobre os conteúdos escolares na área de história se tornam ferramentas de manipulação com vistas a inculcar nos educandos uma história oficial coerente com os interesses da ditadura empresarial militar. A inserção de matérias como Educação Moral e Cívica (EMC) e Organização Social e Política do Brasil (OSPB) visavam prover um conteúdo moralizante ao ensino de história, que deveria se adequar ao civismo subserviente almejado pelo governo ditatorial. É também nesse período que a indústria do livro didático ganhará escala como instrumento de difusão dos valores e princípios emanados da elite dominante.

Lima (2014) destaca a crise do regime militar e o processo de redemocratização na década de 1980 como momento propício para o debate e revisão dos paradigmas

relativos ao ensino de história. A percepção era de que havia um contexto sociopolítico favorável para uma postura crítica que superasse o tecnicismo preconizado nos anos de ditadura. Nesse sentido, o ensino de história centrado em aspectos factuais se mostrava incapaz de prover as condições para a elaboração crítica da formação histórica nacional. O desafio posto era proporcionar condições para a formação cidadã dos educandos no contexto do novo regime.

Com a debacle do regime militar, Mathias (2011) argumenta que a abordagem marxista obteve a primazia epistemológica nos centros de formação de professores e na prática docente como sistema de interpretação da realidade. A proposta era preparar os educandos para a vida em democracia a partir de uma perspectiva crítica da sociedade capitalista a partir da perspectiva da formação dos diferentes modos de produção e suas contradições – o culto aos heróis nacionais perderia espaço com vistas a suprir a necessidade de tratar dos grandes problemas sociais brasileiros, como a fome, a pobreza, a desigualdade social e, principalmente, o racismo.

Santos (2013) adverte que o enfrentamento de séculos de herança escravista, racismo e exclusão exige ações continuadas na esfera educacional. Nesse sentido, existe uma progressão que vai da Constituição Federal de 1988, passando pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996 até a recepção da temática da cultura afro-brasileira. A partir desse cenário é que emergiu a Lei 10.639/03, com vistas a tornar compulsório o ensino de história e cultura africana e afro-brasileira no âmbito do sistema escolar brasileiro. A mobilização popular do movimento negro constituiu força de primeira ordem para o reconhecimento da necessidade de inclusão da questão afro-brasileira no currículo escolar. Assim versa o artigo 26-A da referida lei:

Art. 26-A. Nos estabelecimentos de ensino fundamental e médio, oficiais e particulares, torna-se obrigatório o ensino sobre História e Cultura Afro-Brasileira.

§ 1º O conteúdo programático a que se refere o caput deste artigo incluirá o estudo da História da África e dos Africanos, a luta dos negros no Brasil, a cultura negra brasileira e o negro na formação da sociedade nacional, resgatando a contribuição do povo negro nas áreas social, econômica e política pertinentes à História do Brasil.

§ 2º Os conteúdos referentes à História e Cultura Afro-Brasileira serão ministrados no âmbito de todo o currículo escolar, em especial nas áreas de Educação Artística e de Literatura e História Brasileiras. (BRASIL, 2003)

Devemos pensar o currículo escolar como uma construção cultural sujeita à dinâmica das relações de poder. Nessa ótica, a inserção da temática africana e afro-brasileira como componente obrigatório no processo formativo escolar é produto de lutas históricas e enfrentamentos. Em fins do século XX e nas primeiras décadas do novo milênio assistimos a ascensão da onda neoliberal e o acirramento da mercantilização dos processos sociais, incluso as práticas educacionais. No campo dos estudos historiográficos a perspectiva da luta de classes perde fôlego ante a debacle do socialismo real e a emergência dos novos movimentos sociais de cariz identitária – de modo as questões de classe social passam a dividir espaço com temas ligados a segmentos subalternizados, tais quais gênero e sexualidade, raça e etnia. Portanto, esse período é marcado por uma dualidade, na qual de um lado temos o mercado representado pela rede privada de ensino e a indústria editorial voltada para o ensino, e de outro lado a reivindicação de visibilidade de expressões sociais emergentes.

Santos (2013) entende que a reivindicação e luta do movimento negro com vistas a incluir a trajetória das comunidades afro-brasileiras na agenda educacional tem como pressuposto o reconhecimento do potencial de transformação social que as escolas detém

– o que implica a difusão de saberes e revisão axiológica do senso comum circulante sobre a questão afro-brasileira – em particular para o combate às heranças escravistas. A aposta é levar para a sala de aula a história da África e dos afrodescendentes, bem como difundir os valores relativos à inclusão do outro.

Alberti (2013) discute o ensino de história e cultura afro-brasileira a partir da lei 10.639/03, que tornou obrigatório, nas escolas de todo o território nacional, o ensino de história da África e de história e cultura afro-brasileira com vistas ao enfrentamento do racismo e da intolerância. A questão posta visa acolher o fato do multiculturalismo que forma nosso povo, com a respectiva valorização da ancestralidade; mas principalmente, promover a revisão das relações de poder assimétricas que perpassam os diferentes grupos étnico-raciais, com o debate crítico sobre as condições de existência dos grupos subalternizados na sociedade atual.

Mas somente a inserção curricular seria suficiente? Santos (2013) alerta que a inserção da temática afro-brasileira no contexto escolar exige tanto novas abordagens em matéria didática, quanto novos percursos formativos para os profissionais do sistema escolar. Nesse sentido, trazer o mundo da vida para a sala de aula se mostra um recurso imprescindível para tratar da realidade afro-brasileira. A realidade do preconceito, racismo, desigualdade e exclusão que formam a herança escravista em nosso país demanda o tratamento crítico na perspectiva da ação pedagógica. As disciplinas escolares compõem a cultura institucional e são expressões das relações que força que perpassam a sociedade.

Entre a proposta pedagógica e a performance docente em sala incidem uma série de fatores socioculturais que implicam o embate axiológico entre a herança da escravidão e a promessa de liberdade. Romper com o silenciamento das frações sociais subalternizadas é tarefa premente de uma educação libertadora. O racismo consociado com a desigualdade social compromete as condições de permanência de estudantes afrodescendentes no sistema escolar, seja pela violência física e simbólica, seja pelas exigências de um capital cultural ao qual as frações de classe pauperizadas não tem acesso.

Alberti (2013) ressalta três diretrizes para o trato pedagógico sobre a questão da história afro-brasileira: a ênfase na diversidade cultural como chave da caracterização da formação de um povo – p. exe. as deferentes origens dos africanos que aqui aportaram; o recurso a fontes que efetivamente permitam a expressão dos subalternizados – p. exe. os registros e relatos de comunidades quilombolas; a inserção da temática afro-brasileira como um conteúdo geral da história do Brasil e não como um item especializado à parte – p. exe. a importância da população negra para a formação do capitalismo nacional.

Lima (2014) destaca a noção de cultura histórica como parte da elaboração de práticas de ensino. O ponto chave é captar o modo como os sujeitos percebem o passado e a produção de narrativas de modo que se possa reconhecer as contingências que interferem sobre a ação humana. A consciência histórica se vincula com a esfera política, tendo em vista que a investigação do passado estabelece ligações indelévels entre os sujeitos e as condições sociais de existência. A consciência histórica moderna é tributária da dinâmica dos processos civilizatórios que estão na origem das nações; os ciclos de guerras e revoluções que promovem rearranjos sociopolíticos; a consolidação da ciência como base explicativa da realidade.

Na exposição de Pereira & Rodrigues (2018) o debate sobre a temática do ensino de história na construção das bases nacionais curriculares comuns – BNCC – aponta para as relações de força que perpassam a constituição do percurso formativo previsto para os educandos brasileiros. Permeado pela guerra de narrativas sobre nossas raízes africanas e

suas articulações com a estrutura social brasileira, nosso passado comum se tornou objeto de ativo debate político-ideológico em matéria curricular.

Lima (2014) entende que a educação histórica deve ser guiada por objetivos e conteúdos derivados da investigação historiográfica. O ensino de história deve colocar a produção de saberes vigente a serviço da compreensão do mundo da vida dos educandos a partir do eixo temporal – sendo assim, o exame de fontes históricas e produção de narrativas devem ser desveladas para que o educando possa ter compreensão sobre os modos de produção historiográfico e desenvolva seu senso crítico acerca das narrativas circulantes na sociedade. As abordagens pedagógicas que partem do conhecimento prévio dos alunos podem ser profícua para a formação crítica do entendimento histórico.

A composição da BNCC remonta a uma demanda decorrente da Constituição Federal de 1988, da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional 9.394/1996 e dos sucessivos Planos Nacionais de Educação que criaram o framework jurídico para o atendimento de uma demanda social por uma educação que contemple a diversidade étnico cultural da sociedade brasileira. No entanto, como advertem Pereira & Rodrigues (2018), esse processo se deu eivado de interferências políticas – num primeiro momento, a composição do novo currículo para o ensino de história contou com o concurso de especialistas que propugnaram por uma ampla mudança, visando superar a perspectiva factualista rumo a uma abordagem centrada no reconhecimento do multiculturalismo e suas expressões históricas.

A comissão que elaborou a primeira versão dos componentes curriculares de história para a BNCC encampou uma perspectiva que colocava a formação do Brasil como eixo norteador dos debates, abrindo caminho para a inserção das narrativas ancestrais africanas e indígenas como constitutivas de nossa identidade, rompendo com o europeísmo dominante. No entanto, as forças conservadoras encasteladas nas estruturas de estado prevaleceram nas versões subsequentes do documento, fazendo retornar a perspectiva clássica conteudista, cronológica e focada na narrativa colonizadora – com isso os segmentos subalternizados, em particular negros, indígenas e mulheres, foram mais uma vez silenciados com vistas a preservar o *status quo* de uma elite excludente.

Nesse sentido, o intento dos aparelhos de estado em construir uma história unilateral capaz de universalizar a nível do discurso a perspectiva parcial das elites econômicas terminam por turvar de ideologia o percurso formativo dos educandos. Aos profissionais da educação, engajados na promoção de uma sociedade inclusiva, resta evidente a necessidade de, mais uma vez, ocupar a posição de resistência e tornar o processo ensino-aprendizagem num percurso político com vistas à promoção da emancipação das frações sociais mais vulneráveis.

CONCLUSÃO

Argumentamos no presente texto que a educação opera no vértice que integra estado, mercado e sociedade civil, sendo conformada pelas disputas e tensões que perpassam o campo educacional. A proposta apresentada é que a temática afro-brasileira e o combate ao racismo pela via educacional ensejam uma mirada mais atenta à dinâmica societária, com vistas a acolher as demandas dos grupos historicamente subalternizados.

Destacamos o protagonismo assumido pelo estado na organização das práticas educacionais, em particular com a chegada da corte de Dom João VI em 1808 e o processo de emancipação política que daria luz ao Brasil como nação independente em 1822 pelas mãos do príncipe herdeiro Pedro I, doravante imperador do Brasil. A necessidade de estruturar os serviços públicos essenciais levou à constituição de políticas de formação de profissionais e um olhar mais atento à educação pública.

Em paralelo a esse processo decorreu todo o esforço em constituir a identidade da nação recém-emancipada, com vistas à sua afirmação no âmbito externo e, diríamos, principalmente no contexto interno, visto que o Estado brasileiro se constituiu antes que houvesse se formado de fato um povo brasileiro integrado – de modo que coube ao estado operar como articulador da identidade nacional e para a qual a educação deveria concorrer de forma decisiva.

No decurso do período republicano o ensino de história seria mobilizado para múltiplos fins, sempre a serviço dos interesses do regime vigente – da ditadura populista do Estado Novo varguista ao regime militar imposto pelo golpe de 1964 e sua lógica excludente e persecutória, chegando ao período da redemocratização, na qual se espera que a educação avance rumo à inclusão social incorporando a luta antirracista em seu discurso e prática.

A democracia enquanto sistema sociopolítico enseja a inclusão progressiva dos grupos sociais subalternizados com vistas a tornar combater a desigualdade social e tornar a sociedade mais tolerante à diversidade cultural. Nesse sentido argumentamos que a Constituição Federal de 1988, com seus reconhecidos avanços em matéria de cidadania, bem como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996 e a Lei 10.639/03, que tornou obrigatório o ensino de história e cultura africana e afro-brasileira no âmbito do sistema escolar brasileiro representam conquistas decorrentes da institucionalidade democracia e a luta dos movimentos sociais de representação afro-brasileira.

Para que se efetive como meio de transformação social, entendemos que o ensino de história e cultura afro-brasileira precisa abordar as deferentes origens dos africanos que aqui aportaram, empregar fontes que efetivamente permitam a expressão dos subalternizados, como os registros de história oral e memória coletiva. Também entendemos que a temática supracitada deve ser incorporada como tema interdisciplinar nos diferentes conteúdos escolares, bem como o racismo se articula com o projeto de um capitalismo excludente. Nesse sentido, concluímos que a BNCC foi descaracterizada pelas forças políticas conservadoras, comprometendo os avanços obtidos desde a redemocratização na luta pela promoção da justiça social no campo educacional, o que torna necessária a ativa mobilização dos movimentos sociais na permanente luta antirracista.

REFERÊNCIAS

ALBERTI, V. “Algumas estratégias para o ensino de história e cultura afro-brasileira”. In: ARAÚJO, A. P.; MONTEIRO, A. M. (org.) **Ensino de história e culturas afro-brasileiras e indígenas**. Rio de Janeiro: Pallas, 2013.

BASTOS, M. C. P.; FERREIRA, D. V. **Metodologia Científica**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016.

BOTO, C. “Iluminismo e educação em Portugal: o legado do século XVIII ao XIX”. In: STEPHANOU, M; BASTOS, M. H. C. (orgs.) **Histórias e memórias da educação no Brasil**, vol. 1: séculos XVI-XVIII. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

BRASIL. Lei no 10.639, de 9 de janeiro de 2003. Altera a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para incluir no currículo oficial da Rede de Ensino a obrigatoriedade da temática ‘História e Cultura Afro-Brasileira’, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 10 jan. 2003.

- CANDAU, V. M. F. Cotidiano escolar e práticas interculturais. **Cad. Pesqui.**, São Paulo, v. 46, n. 161, p. 802-820, set. 2016.
- ESCOBAR, A. "Mundos y conocimientos de otro modo: el programa de investigación modernidad/colonialidad latinoamericano". **Tabula Rasa**, n. 1, p. 58-86, 2003.
- KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica**: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.
- LIMA, M. "Consciência histórica e educação histórica: diferentes noções, muitos caminhos". In: MAGALHÃES, M. et al. (org). **Ensino de história: usos do passado, memória e mídia**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2014.
- MATHIAS, C. L. K. O ensino de História no Brasil: contextualização e abordagem historiográfica. **História Unisinos**. 15(1):40-49, Janeiro/Abril 2011.
- MIGNOLO, W. D. Colonialidade: o lado mais escuro da modernidade. **Rev. bras. Ci. Soc.**, São Paulo, v. 32, n. 94, e329402, 2017.
- _____. Novas reflexões sobre a "idéia da América Latina": a direita, a esquerda e a opção descolonial. **Cad. CRH**, Salvador, v. 21, n. 53, p. 237-250, aug, 2008.
- PEREIRA, N. M., & Rodrigues, M. C. M. BNCC e o passado prático: Temporalidades e produção de identidades no ensino de história. **Arquivos Analíticos de Políticas Educativas**, 26(107), 2018.
- PINSKY, J. **O ensino de história e a criação do fato** (org.). São Paulo, SP: Contexto, 2001.
- POLLAK, M. Memória e identidade social. **Estudos Históricos**, Rio de Janeiro, vol. 5, n. 10, 1992, p. 200-212.
- SANTOS, L. dos. "Ensino de história e cultura africana e afro-brasileira: dilemas e desafios da recepção à Lei 10.639/03". In: ARAÚJO, A. P.; MONTEIRO, A. M. (org.) **Ensino de história e culturas afro-brasileiras e indígenas**. Rio de Janeiro: Pallas, 2013.
- SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico** [livro eletrônico]. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

A PRESENÇA DO CONSTRUTIVISMO NO PROCESSO DE ALFABETIZAÇÃO EM LINGUAGEM NO BRASIL

Thiago Wedson Hilario¹
Denise Ferreira Pinto²
Rosa Silva Pereira de Souza³
Kênia Assis Chaves Viana⁴
Vanderleida Rosa de Freitas e Queiroz⁵
Joana Peixoto⁶

RESUMO

A partir da década de 1980, é perceptível a ‘invasão’ do construtivismo no cenário educacional brasileiro, em especial nos processos didático-pedagógicos relacionados à alfabetização em linguagem. Considerando a importância de elucidar essa invasão numa perspectiva crítica, fez-se uma pesquisa do tipo revisão bibliográfica, na busca por compreender como o construtivismo, de teoria psicológica, se constituiu como abordagem didático-pedagógica no processo de alfabetização em linguagem nos anos iniciais do ensino fundamental. Neste texto, objetiva-se apresentar uma breve explanação sobre o construtivismo Piagetiano, seguido de um estudo histórico quanto aos avanços deste enfoque no cenário educacional brasileiro. Nesse contexto, é trazido ao texto alguns aspectos referentes à psicogênese da língua escrita, proposta de alfabetização baseada nos estudos Piagetianos e, por fim, buscou-se evidenciar os contrapontos existentes no que concerne à ‘invasão’ construtivista no espaço educacional do Brasil.

Palavras-Chave: Construtivismo, Alfabetização, Psicogênese da língua escrita,

THE PRESENCE OF CONSTRUCTIVISM IN THE LITERACY IN LANGUAGE PROCESS IN BRAZIL

ABSTRACT

From the 1980s onwards, the “invasion” of constructivism in the Brazilian educational scenario is perceptible, especially in the didactic-pedagogical processes related to literacy in language. Considering the importance of elucidating this invasion from a critical perspective, a research of the bibliographical review type was carried out, in the search to understand how constructivism, of psychological theory, was constituted as a didactic-pedagogical approach in the process of literacy in language in the early years of the elementary School. This text aims to present a brief explanation about Piagetian constructivism, followed by a historical study regarding the advances of this approach in the Brazilian educational scenario. In this context, some aspects related to the psychogenesis of written language are brought to the text, a literacy proposal based on Piagetian studies, and finally, we seek to highlight the existing counterpoints regarding the constructivist “invasion” in the educational space in Brazil.

Keywords: Constructivism, Literacy, Psychogenesis of written language.

Recebido em 21 de julho de 2023. Aprovado em 17 de novembro de 2023

¹ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Jataí. e-mail: thiago.wedson@gmail.com

² Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Jataí. e-mail: denisefnogueira@hotmail.com

³ Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Jataí. e-mail: rosasilva416@gmail.com

⁴ Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Jataí. e-mail: keniachavesviana32@gmail.com

⁵ Doutora em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade Federal de Goiás. e-mail: vanderleida@gmail.com

⁶ Doutora em Ciências da Educação, pela Universidade Paris 8 Vincennes Saint-Denis. e-mail: joana.peixoto@ifg.edu.br

INTRODUÇÃO

A partir da década de 1980, é perceptível a “invasão” do construtivismo no campo educacional brasileiro (LEÃO, 1999). Realidade que ainda persiste, e não se pode negar, já que diversos professores que hoje trabalham com a alfabetização foram alfabetizados pelos Ciclos Básicos de Alfabetização⁷, ou alfabetizados por educadores formados no então conhecido Programa de Formação de Professores Alfabetizadores (PROFA)⁸. Contudo, diversos pesquisadores, como Castorina (2008, 2011), Chakur (2014) e Duarte (2011) apresentam os diversos “equivocos” que foram persistindo e desvirtualizando uma abordagem psicológica para operações didático-pedagógicas.

Desse modo, objetiva-se neste trabalho apresentar a abordagem Construtivista no contexto histórico do processo de alfabetização em linguagem no Brasil, a qual se fez e ainda se faz presente em escolas e centros de formação de professores.

Considerando importante elucidar essa “presença” de uma perspectiva crítica, fez-se uma pesquisa do tipo revisão bibliográfica, na busca de compreender como o construtivismo, de teoria psicológica, se constituiu como abordagem pedagógica no processo de alfabetização em linguagem nos anos iniciais do ensino fundamental. Os principais autores estudados foram Chakur (2014), Duarte (2008, 2011), Ferreiro e Teberosky (1999), Leão (1999), Martins e Marsiglia (2015), Mortatti (2008).

Para o alcance do objetivo, o texto está organizado em quatro seções, seguidas de considerações finais: na primeira, apresenta-se a abordagem construtivista em relação à produção do conhecimento; na segunda, discutem-se os avanços dessa abordagem no contexto educacional brasileiro; na terceira, são apresentados alguns aspectos referentes à psicogênese da língua escrita, proposta de alfabetização baseada nos estudos construtivistas de Piaget; na quarta, apresentam-se perspectivas críticas em relação ao construtivismo na alfabetização, evidenciando os contrapontos concernentes à “invasão” construtivista na educação brasileira.

A Abordagem Construtivista e a Construção do Conhecimento

O principal expoente do pensamento construtivista é o biólogo e psicólogo suíço Jean William Fritz Piaget (1896-1980), que buscou descrever os processos de aquisição do conhecimento pelo indivíduo cognoscente. Um dos principais conceitos apresentados por ele refere-se aos mecanismos de funcionamento da inteligência do sujeito a partir da interação com o meio social no qual está inserido, e as formações das estruturas cognitivas durante o processo de desenvolvimento.

Para Coll (1998 *apud* CHAKUR, 2014), a teoria genética de Piaget é oriunda da Escola de Genebra e baseada na aprendizagem significativa, dos organizadores prévios e na teoria da assimilação de Ausubel⁹. Além de se amparar no idealismo Kantiano¹⁰ e no método positivista

⁷ Os ciclos de alfabetização foram criados pelo Ministério da Educação (MEC) entre 2004 e 2006, tendo em vista a ampliação do Ensino Fundamental para nove anos em todo o país, em decorrência da Lei 11.274, de 06/02/2006.

⁸ O Programa de Formação de Professores Alfabetizadores foi instituído no final do ano 2000 pela Secretaria de Educação Fundamental do Ministério da Educação (SEF/MEC) com o objetivo de oferecer novas técnicas de alfabetização, tendo como base as transformações nas práticas de ensino da leitura e da escrita ocorridas a partir de 1985 com as pesquisas de Emília Ferreiro e Ana Teberoski e a publicação da obra *Psicogênese da Língua Escrita*.

⁹ David Ausubel (1918-2008) considera que a assimilação de conhecimentos realiza-se a cada instante que uma nova informação atua com outra já existente na estrutura cognitiva (subsunçores); e que o processo contínuo da aprendizagem significativa acontece somente com a integração de conceitos relevantes.

¹⁰ Na perspectiva do Idealismo Kantiano, os fenômenos da realidade objetiva, por serem incapazes de se mostrar

lógico-formal (MARTINS; MARSIGLIA, 2015). Diniz *et al* (2022) acrescentam que o pensamento piagetiano não concebe o indivíduo como um simples depósito de informações, mas como um ser humano capaz de construir seu próprio conhecimento, dado que a natureza assimiladora não é apenas registradora, mas se desenvolve através de mecanismos interativos e construtivos, numa relação entre sujeito cognoscente e objeto cognoscível.

Sobre essa noção de desenvolvimento no construtivismo piagetiano Chakur (2014) esclarece:

Para Piaget, desenvolvimento refere-se a um processo de organização e reorganização *estrutural*, e não meramente de mudança local ou pontual; e esse processo é regulado por mecanismos adaptativos ou funcionais (assimilação e acomodação) que ressaltam a importância da interação entre o indivíduo e seu ambiente (físico, social). É um processo que se manifesta em níveis qualitativamente distintos que seguem uma ordem constante, cada um dos quais expressando uma nova organização cognitiva (Chakur, 2014, p. 22, grifo do autor).

Do mesmo modo, não se deve pensar na noção de progresso como uma situação cumulativa e progressiva. A autora aponta que o progresso no construtivismo piagetiano não se confunde com simples adição cumulativa de conhecimentos, nem pode ser pensado sem ter em conta o nível alcançado anteriormente pelo sujeito em determinada esfera de conhecimento; ele é construtivo no sentido de que as reorganizações parciais conduzem, em certos momentos, às reestruturações totais.

Tais estruturações podem ser apresentadas pelos modelos de desenvolvimento cognitivo, apresentados por Piaget (1975), no qual é explicado mediante a compreensão da organização em grandes períodos, ou estágios com suas fases particulares (sensório-motor; pré-operatório; operatório concreto e operatório formal), nos quais se constituem sucessivas equilíbrazões; etapas em direção ao equilíbrio. Carvalho e Assis (2020) expõem que o equilíbrio é alcançado em um ponto, a estrutura é integrada em um novo sistema em formação, até que um novo equilíbrio seja sempre mais estável e o conhecimento sempre mais extenso.

Nesse sentido, o equilíbrio é definido pela reversibilidade pois, considerar que há uma marcha em direção ao equilíbrio, significa que o desenvolvimento intelectual é caracterizado pela crescente reversibilidade. Por isso, a reversibilidade é a característica mais aparente do ato de inteligência, capaz de desvios e retornos (PIAGET, 1975, p. 41).

Leão (1999) lembra que o processo de equilíbrio ocorre pela interação de dois processos simultâneos: a organização interna e a adaptação ao meio. E que, para a aquisição do conhecimento, também se faz presente a figura da adaptação, definida por Piaget como própria do desenvolvimento da inteligência, a qual acontece por meio de dois processos complementares: assimilação e acomodação.

Sobre a inteligência, Piaget (1975) esclarece:

aos homens exatamente tais como são, não aparecem como coisas-em-si, mas como representações subjetivas construídas pelas faculdades humanas de cognição. Esta forma de idealismo afirma que o ego transcendental consegue apreender conhecimento através dos sentidos e também de conceitos centrais, as categorias (LANG DA SILVEIRA, 2002).

Com efeito, a inteligência é assimilação na medida em que incorpora nos seus quadros todo e qualquer dado da experiência. [...] A assimilação nunca pode ser pura, visto que, ao incorporar novos elementos nos esquemas anteriores, a inteligência modifica incessantemente os últimos para ajustá-los aos novos dados. Mas, inversamente, as coisas nunca são conhecidas em si mesmas, porquanto esse trabalho de acomodação só é possível em função do processo inverso de assimilação (Piaget, 1975, p. 18).

Desse modo, o que se percebe é que os esquemas de assimilação se modificam e se configuram a cada estágio de desenvolvimento. Castorina (2008) elucida que a teoria piagetiana apresenta o processo de construção de estruturas lógicas, explicadas por mecanismos endógenos¹¹, e para a qual a intervenção social externa só pode ser “facilitadora” ou “obstaculizadora”.

Os estágios de desenvolvimento apresentados pela teoria piagetiana talvez sejam um dos elementos mais utilizados pelos educadores quando levam para o pedagógico, no entanto o que se deve observar é que a caracterização dessas etapas de desenvolvimento se dá primordialmente pelo viés da biologização¹², em detrimento da construção social do saber:

O desenvolvimento mental da criança surge, em síntese, como sucessão de três grandes construções, cada uma das quais prolonga a anterior, reconstruindo-a primeiro num plano novo para ultrapassá-la em seguida, cada vez mais amplamente. Isto já é verdade em relação à primeira, pois a construção dos esquemas sensório-motores prolonga e ultrapassa a das estruturas orgânicas ao longo do curso da embriogenia. Depois a construção das relações semióticas, do pensamento e das conexões interindividuais interioriza os esquemas de ação, reconstruindo-os no novo plano da representação e ultrapassa-os, até constituir o conjunto das operações concretas e das estruturas de cooperação. Enfim, desde o nível de 11-12 anos, o pensamento formal nascente reestrutura as operações concretas, subordinando-as a estruturas novas, cujo desdobramento se prolongará, desde a adolescência e toda vida ulterior (com muitas outras transformações ainda) (PIAGET, 1975. p. 131).

Complementando esse entendimento, Leão (1999), ao interpretar a obra de Piaget, explana que, na divisão piagetiana da evolução mental em grandes períodos e em subperíodos, há obediência aos seguintes critérios: 1) ordem de sucessão constante, 2) cada estágio é caracterizado por uma estrutura de funções, e 3) as estruturas de conjunto são integrativas e não se substituem umas às outras. A partir desses critérios o genebrino caracterizou quatro grandes períodos no desenvolvimento das estruturas cognitivas, que se relacionam também com o desenvolvimento da afetividade e da socialização da criança: estágio da inteligência sensório-motora; inteligência simbólica ou pré-operatória; inteligência operatória concreta; e estágio da inteligência formal (Quadro 1).

¹¹ Que se origina no interior de um organismo, de um sistema ou se desenvolve pela influência de fatores externos

¹² Modelo no qual o ser humano é tomado pela sua constituição corpórea física (conjunto de aparelhos, digestivo, circulatório, muscular)

Quadro 1 – Estágios de Desenvolvimento Piagetiano

Estágios	Idade aproximada	Capacidade desenvolvida
Sensório-Motora	0 a 2 anos	<ul style="list-style-type: none">- Formam a base de todos os processos cognitivos do indivíduo.- Estabelecem-se as bases para a construção das principais categorias do conhecimento que possibilitam ao ser humano organizar a sua experiência na construção do mundo: objeto, espaço, causalidade e tempo.
Pré-Operacional	2 a 7 anos	<ul style="list-style-type: none">- Realiza-se a transição entre a inteligência propriamente sensório-motora e a inteligência representativa.- A inteligência tem acesso ao nível da representação, à linguagem e ao pensamento.- O pensamento da criança é dominado pela representação imagística de caráter simbólico.
Operacional-Concreto	7 a 11 anos	<ul style="list-style-type: none">- Aquisição da reversibilidade lógica.- Capacidade de se representar uma ação e a ação inversa ou recíproca que a anula.- O equilíbrio das trocas cognitivas entre a criança e a realidade é mais estável, mais sólido e mais aberto quanto ao seu alcance.
Operacional-Formal	11 ou mais	<ul style="list-style-type: none">- As operações se desligam progressivamente do plano da manipulação concreta.- Acesso a um raciocínio hipotético-dedutivo.

Fonte: Adaptado de Rappaport, Fiori e Davis (1981).

Castorina (2008) afirma que o enfoque construtivista para interpretar o desenvolvimento dos conhecimentos é uma tentativa de superar o dualismo entre sujeito e objeto, e sobre este aspecto o sujeito sempre aparece construindo seu mundo de significados ao transformar sua relação com o real.

Todavia, ao se considerar a fundamentação teórica global do construtivismo, logo se compreende que as interações entre o objeto do saber e o sujeito integram possibilidades de aprendizagem, desde que baseado em experiências e mediação contínuas do professor (COSTA, 2021). Isso porque o conhecimento não deve ser concebido como espontâneo, ou mecanicamente transmitido pelo meio exterior, mas sim se deve dar pela interação.

Deste modo, a interação é vista como o principal elemento para o desenvolvimento do conhecimento, e nesse sentido é considerado que o sujeito aprende interagindo com o meio e sua inteligência resulta de seus campos de interesses. Nesse ponto, Martins e Marsiglia (2015, p. 28) inferem que é possível afirmar que para Piaget e seus colaboradores a transmissão do conhecimento é algo indesejável, porque impediria o aluno de refletir sobre si.

Já Diniz *et al* (2022) evidenciam que na abordagem construtivista o indivíduo se torna o ponto principal do seu próprio aprendizado, tornando a figura do professor a de um intermediador, responsável por mostrar aos alunos como chegar as suas próprias respostas. E é nesse aspecto que teóricos Histórico-Culturais criticam a teoria construtivista por priorizar a capacidade que o ser humano tem de chegar à sua própria construção por si só através de seus conhecimentos e vivências.

No Brasil, o construtivismo piagetiano foi amplamente divulgado nos ambientes acadêmicos, o que o levou a se tornar uma corrente hegemônica dentre os alfabetizadores, especialmente a partir dos estudos da psicolinguista Emília Ferreiro e a adoção da psicogênese

de língua escrita¹³ nas redes de educação.

Construtivismo no Brasil: Avanços sobre o Pedagógico Brasileiro

No Brasil, os primeiros relatos sobre o construtivismo surgem a partir dos estudos da psicolinguista Emília Ferreiro, em relação à obra de Piaget. E, principalmente, quanto a ampla divulgação da obra, *Psicogênese da Língua Escrita* (FERREIRO; TEBEROSKY, 1999), na qual as autoras apresentam um novo prisma para o processo de alfabetização em língua escrita, com a proposição de níveis/hipóteses definidas para diagnóstico e avanços das crianças em fase de alfabetização.

Antes, porém, já se observa a construção de um cenário em que emerge a possibilidade de novas correntes no espaço nacional, conforme descrição no Quadro 2.

Quadro 2: Cenário das correntes educacionais no Brasil

1920 - 1940	O movimento escolanovista é disseminado e, com ele, a influência da Psicologia Funcionalista sobre métodos de ensino e a ênfase na atividade e no interesse do aluno.
1950-1970	O tecnicismo predomina na educação brasileira, com a influência do behaviorismo. O ensino deve ser objetivo, operacionalizado e regido por princípios de racionalidade, eficiência e produtividade.
A partir dos anos de 1970	O Construtivismo de Piaget e a abordagem Sócio-Histórica de Vigotski convivem com as críticas sociológicas às pedagogias escolanovista e tecnicista e ao “psicologismo” na educação
Atualmente	Pode-se afirmar que continua a tendência anterior, mas tomando o Construtivismo como uma teoria pedagógica não diretivista, numa espécie de retorno ao escolanovismo.

Fonte: Adaptado de Chakur (2014).

Tem-se relatos da divulgação da obra de Piaget no Brasil, já a partir dos anos 1950 com a criação das faculdades de filosofia e dos cursos de formação pedagógica (CHAKUR, 2014). Além disso, nas décadas de 1970 e 1980, são observados a criação de cursos de pós-graduação e de grupos de estudos piagetianos, o que faz com que o construtivismo deixe de servir apenas à instrumentação da ação pedagógica nas escolas, e passe a fundamentar as pesquisas na área da pedagogia.

Nardi e Gatti (2004), pesquisando as investigações construtivistas no ensino de ciências, apontam que já a partir da década de 1970 os investigadores em Ensino de Ciências concentram seus estudos para as noções espontâneas que os estudantes trazem para a sala de aula, previamente ao ensino formal; indicam que esses trabalhos contribuíram para o fortalecimento de um então chamado “paradigma construtivista” na investigação sobre o ensino e a aprendizagem.

De acordo com Mortatti (2016), a necessidade de superação dos problemas sociais, políticos e educacionais gerados pela ditadura militar instaurada em 1964, em especial os problemas da alfabetização e do analfabetismo, levaram os educadores a visualizarem na teoria construtivista uma “revolução conceitual”. A autora apresenta que, inicialmente, a teoria se caracterizava como contra-hegemônica, estando indicada dentre as práticas pedagógicas de

¹³ Teoria que estuda como se organiza o pensamento das crianças durante a aprendizagem da leitura e da escrita, concebendo-as como protagonistas desse processo.

“esquerda”, todavia, após figurar como teoria predominante no cenário brasileiro, consolidou-se como hegemônica.

Sob o ponto de vista das teorias pedagógicas hegemônicas ou contra-hegemônicas, considera-se o exposto por Saviani (2008, p. 11):

Do ponto de vista da relação da educação com a sociedade, as teorias pedagógicas dividem-se em dois grandes grupos: aquelas que procuram orientar a educação no sentido da conservação da sociedade em que se insere, mantendo a ordem existente; e aquelas que buscam orientar a educação tendo em vista a transformação da sociedade, posicionando-se contra a ordem existente. As primeiras são chamadas pedagogias hegemônicas porque, correspondendo aos interesses dominantes, tendem a hegemônizar o campo educativo. As segundas transformam a ordem vigente.

Desse modo, Mortatti (2016) afirma que a opção pelo construtivismo representou a principal semelhança entre representantes de grupos políticos “de esquerda”, formado por educadores liberais progressistas e preocupados com uma proposição oficial para a alfabetização pública escolar. Desse modo, a partir da década de 1980 foram enfatizados os fundamentos e as aplicações da teoria construtivista, em especial a fundamentação teórica centrada na epistemologia genética e as “didáticas construtivistas” contidas em documentos oficiais (MORTATTI, 2008).

Oficialmente, tal proposição se fez presente, na década de 1990, nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 1997), e já nas primeiras décadas dos anos 2000, integra a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) (BRASIL, 2018). Contudo, Nóbrega (2020) esclarece que, em relação à BNCC, deve-se ponderar que talvez ela não seja construtivista exatamente no desenho que sugeriam as práticas com base nos PCNs e na formação do PROFA, citando a necessidade de pensar essa perspectiva de construtivismo.

Muylaert (2020) afirma que no Brasil o construtivismo, ainda, é a principal corrente teórica que fundamenta a prática didático-pedagógica dos professores alfabetizadores; que eles se apropriam dos fundamentos teóricos e fazem um exercício de transposição didática a fim de transformar em prática pedagógica os pressupostos teóricos do construtivismo. Tal movimento é entendido por Mortatti (2016) como “construtivismo à brasileira”, manifestando-se por reiteradas apropriações ecléticas e relacionando com um “conceito brasileiro de alfabetização”. Não obstante, a autora adverte que esse movimento passou a integrar o senso comum pedagógico e foi incorporado à prática docente dos alfabetizadores brasileiros, que em diversas situações sequer leram os textos de Emília Ferreiro.

Sobre esse aspecto, apresenta-se, a seguir, a influência construtivista no processo de alfabetização no Brasil que foi e continua sendo materializado sob a teoria da psicogênese da leitura e escrita.

Alfabetização e a Psicogênese da Leitura e Escrita: uma abordagem construtivista

A alfabetização no sentido tradicional foi vista como uma aquisição de códigos e signos, em seu sentido mais restrito; alfabetizar era aprender a decodificar e codificar (ler e escrever). Atualmente, com o avanço dos estudos quanto ao tema, alfabetizar passou a ter um sentido mais amplo. Além de ler e escrever, o sujeito necessita apropriar-se de outras funções, que a linguagem escrita tem na sociedade. Nesse sentido, o letramento desenvolve-se como uma nova necessidade, buscando relacionar a questão social, ou seja, o uso da escrita para inserir-se nas práticas sociais.

Entende-se que alfabetização e letramento são processos distintos, embora possam e devam caminhar simultaneamente, ou seja, são processos distintos, mas indissociáveis. Soares (2002) afirma que a alfabetização é tornar o sujeito capaz de ler e escrever, enquanto o letramento é mais amplo, o sujeito deve se apropriar da leitura e da escrita para atuar na sociedade letrada.

Embora pesquisadores como Soares (2002) defendam as especificidades de cada um, outros como Emília Ferreiro não concordam com a necessidade do uso dos dois termos, considerando a alfabetização como um processo que já inclui o letramento.

Ferreiro e Teberosky (1999) apresentaram sua pesquisa ao final dos anos 1970, partindo da concepção de que a aquisição do conhecimento se baseia na atividade do sujeito em interação com o objeto de conhecimento; e após 1986, a pesquisa formulada, testada e comprovada por elas foi divulgada pela primeira vez no Brasil como “A psicologia da Língua Escrita”, tendo grande impacto no Brasil e na América Latina, demonstrando que a criança, mesmo antes de chegar à escola, tem ideias e faz hipótese do código escrito, apresentando os estágios sequenciais que cada indivíduo percorre até a aquisição da leitura e escrita.

A psicogênese da língua escrita proposta pelas autoras é baseada nos estudos construtivistas de Piaget e tem como pressuposto a construção da escrita, em que a criança é protagonista ativa do seu próprio aprendizado. As autoras explicitam a questão específica da psicogênese da escrita, ao introduzir uma linha de investigação evolutiva¹⁴ no caminho da descoberta de como a criança produz suas hipóteses em relação à escrita. Procuraram, assim, observar em seus estudos como se realiza a construção da linguagem escrita na criança.

Ferreiro (2001) destaca a existência de duas concepções teóricas diferentes acerca da escrita: a primeira a concebe como uma representação da linguagem e a segunda como um código de transcrição gráfica dos elementos sonoros. A autora destaca ainda o protagonismo do alfabetizando em seus próprios processos de aprendizagem, compreendendo-o como um sujeito ativo que busca apreender o mundo social que o cerca.

Ferreiro e Teberosky (1999) descrevem os processos de apropriação da escrita pela criança a partir de uma lógica construtivista, caminhando por *hipóteses* de escrita: pré-silábica, silábica e alfabética; cada uma podendo apresentar subdivisões. Sumariamente, a criança, na busca pela representação escrita, começa a diferenciar o sistema de representação do desenho com o sistema de representação escrita, chegando a compreender que a escrita não representa o objeto em si, mas o valor sonoro do nome atribuído.

Na hipótese pré-silábica, a criança representa o mundo de uma forma direta, utilizando-se de elementos dos quais ela pensa que pode “escrever”, apropriando-se de desenhos e sinais gráficos. Ferreiro (2001) indica que as primeiras escritas infantis aparecem, graficamente, como linhas onduladas ou zigue-zagues, contínuas ou fragmentadas, ou outros elementos discretos repetitivos, e do ponto de vista para uma análise dos aspectos construtivos, deve-se analisar o que se quis representar e os meios utilizados para diferenciar as representações.

Posteriormente, ao se perceber que a palavra escrita representa o nome do objeto, em face do objeto em si, a criança passa a perceber que as letras se diferenciam dos desenhos. Ferreiro e Teberosky (1999) apontam que as crianças hipotetizam a necessidade de se trabalhar com determinado número de caracteres para se escrever algo, adentrando assim na hipótese silábica, na qual a transposição gráfica está diretamente interligada com o eixo da oralidade. O Quadro 3 apresenta as características dos processos cognitivos observáveis em cada hipótese de leitura e escrita.

¹⁴ Compreende-se a investigação evolutiva a partir do pressuposto de que a criança avança nas etapas (hipóteses) de forma sequencial.

Quadro 3 – Hipóteses silábicas de apropriação da escrita

Silábico sem valor sonoro	Há uma mudança qualitativa que se dá por meio da superação da correspondência global entre escrita e oralidade e pela associação da expressão escrita com a sonora. A leitura da criança, de sua própria produção escrita, começa a demonstrar indícios de compreensão do Sistema de Escrita Alfabética. E pode-se concluir que a criança inicia os processos de desvinculação da escrita das imagens, assim como desperta para a tomada de consciência da existência entre a diferença da pronúncia e da representação escrita, mesmo sem a estrita relação grafema/fonema.
Silábico com valor sonoro	Consiste na percepção de que o sistema de escrita se baseia no som, ou seja, é um sistema basicamente fonográfico. Nesta fase, a criança entende que a menor unidade representada pelo som é a sílaba que se caracteriza pela confusão que as crianças fazem em relação à representação do som. É comum que em alguns casos, elas pensem que as sílabas são a representação do som (fase silábica), e em outros, elas comecem a perceber que os sons representam fonemas.
silábico-alfabéticos	O momento em que a criança é plenamente capaz de perceber que cada letra da escrita pode representar um fonema. Há a ocorrência de conflitos que desestabilizam a hipótese silábica, o que desencadeia um novo processo de construção, e marca a transição entre os esquemas que necessitam serem abandonadas e precedem as novas estruturas.

Fonte: Adaptado de Ferreiro (2001).

Por fim, a partir do ponto em que as crianças superam essa confusão e percebem globalmente que as letras representam fonemas da língua, elas passam para a hipótese alfabética. Percebe-se que ao chegar nesse ponto a criança já “[...] franqueou a ‘barreira do código’, compreendeu que cada um dos caracteres da escrita correspondente a valores sonoros menores, o que é uma sílaba, e realiza sistematicamente uma análise sonora dos fonemas que vai escrever” (FERREIRO; TEBEROSKY, 1999, p. 219).

Para concluir, retorna-se a Muylaert (2020) ao indicar que os estudos de Ferreiro e Teberosky (1999) trouxeram uma nova concepção de alfabetização, por compreender que a criança é um sujeito cognoscente, que pensa e desenvolve hipóteses sobre o sistema de escrita. Ao considerar que a alfabetização é um processo complexo de construção do próprio conhecimento da leitura e da escrita, diante de uma perspectiva piagetiana, propõe que a transposição desse processo de assimilação, ou seja, de construção da informação, obriga o sujeito a modificar-se para compreender o objeto (FERREIRO, 2001).

Perspectivas críticas em relação ao construtivismo e a psicogênese no cenário educacional brasileiro

Pesquisadores como Duarte (2008) avaliam que a introdução do construtivismo piagetiano como fundamento teórico de políticas educacionais no Brasil foi um “cavalo de Troia”. Isso pode ter contribuído para acentuar ou renovar problemas da alfabetização escolar, de analfabetismo funcional e de formação de professores para a Educação Infantil e Anos Iniciais do Ensino Fundamental.

Macedo (1994 *apud* LEÃO, 1999) destaca quanto ao reconhecimento das dificuldades da aplicação pedagógica da obra de Piaget, que seguem orientações diferentes para chegarem aos seus objetivos: para o pensamento de Piaget o construtivismo é uma teoria psicológica,

enquanto na educação foi transposta como abordagem didático-pedagógico para a escola. Nesse sentido, o autor lembra que o interesse fundamental de Piaget foi em relação à construção do conhecimento resultante das interações da criança com objetos ou pessoas.

Duarte (2011, p. 124) reforça que os conceitos de adaptação, equilíbrio, interação, assimilação e acomodação, foram extraídos de um modelo biologizante, não havendo, para Piaget, nenhuma diferença qualitativa entre psiquismo humano e os processos puramente biológicos. O que para o autor a ausência desse diferencial qualitativo entre o psiquismo humano e os processos puramente biológicos tornam esse modelo biológico inadequado para a análise dos processos psicológicos e humanos.

Chakur (2014) apresenta pesquisas que atestam que diversas práticas se aproximam de caricaturas de princípios construtivistas, nas quais, por exemplo, diversos professores defendem a flexibilidade do planejamento para que se siga aos desejos dos alunos. A autora esclarece que a caricaturização do construtivismo ocorre na formação inicial, nos cursos de capacitação continuada, nos livros de divulgação que aligeiram a teoria, diversas vezes ofertados pelas escolas e secretarias de educação.

Mortatti (2016) denuncia que as apropriações consensuais elaboradas principalmente por gestores e pesquisadores foram sendo incorporadas em políticas públicas, em discursos oficiais, e passou a integrar o senso comum pedagógico, e vem sendo conduzido “naturalmente” a prática de docentes, que provavelmente nunca leram sobre tais teorias.

Do mesmo modo, Quim (2004 apud CHAKUR, 2014), ao investigar as concepções de professoras do 1º Ciclo¹⁵, atesta que as professoras pesquisadas demonstram a preocupação em respeitar as fases de desenvolvimento infantil, vê-se também uma “confusão, despreparo, deformações” nas concepções construtivistas por parte destas mesmas professoras.

Sob um prisma crítico, Duarte (2011) declara que a pedagogia do “aprender a aprender”, é oriunda da concepção psicológica e epistemológica construtivista de Piaget, nessa perspectiva o lema “aprender a aprender” é um representante das pedagogias que retiram da escola a tarefa de transmissão do conhecimento social objetivo, e por resultado produz um processo pedagógico que visa a mera adaptabilidade às alterações do capitalismo. O autor considera que o processo educativo deve ponderar o aspecto social como referência principal para a construção no cotidiano do “grupo cultural” ao qual pertence o aluno, criticando a teoria piagetiana que enfatiza os aspectos cognitivos em detrimento dos aspectos social, afetivo e linguístico.

De acordo com essa crítica, considerar apenas o desenvolvimento da inteligência como prioridade do trabalho pedagógico traria o risco de uma pedagogia elitista, centrada em propostas direcionadas por uma teoria “científica” e implementada por educadores supostamente neutros (LEÃO, 1999).

Em relação ao processo de alfabetização, Martins e Marsiglia (2015), ao analisarem as proposições em relação à psicogênese de Ferreiro e Teberosky, concordam com as autoras de que não há condutas exclusivas de um grupo ou de outro como algo inato, ou que algumas crianças estão fadadas a não aprender; alertam que essa possibilidade depende das condições objetivas de acesso ao conhecimento e que as crianças que detêm a cultura de forma mais apurada são aquelas que tiveram mais chance de apropriação do patrimônio humano genérico dentro e fora da escola.

Mortatti (2000) alerta que os resultados das pesquisas de Ferreiro ainda não foram contestados em sua base teórica, e por isso permanecem atuantes, no que diz respeito ao ensino-aprendizagem da língua escrita na fase inicial de escolarização de crianças. O que pode ser

¹⁵ Oficialmente, refere-se aos anos iniciais do Ensino Fundamental

explicado é que, talvez, isso ocorra por causa da ascensão hegemônica que o construtivismo alcançou.

Duarte (2011) chama a atenção de que não se trata de justapor o social ao modelo interacionista-construtivista, ou “interacionalismo à brasileira”, como denominado pelo autor, mas, sim, de superar este modelo, que se caracteriza pela biologização. O autor reforça que a questão não é se Piaget focalizou ou não o social em sua teoria, mas como ele focalizou o social, ou seja, partindo de uma ótica biologizante.

O que Mortatti (2016) indica por transposição para a alfabetização, a combinação dos métodos tradicionais e da classificação do nível de maturidade que se baseia em diagnóstico, por meio de procedimentos e perguntas às crianças semelhantes aos do método clínico utilizado nas pesquisas de Ferreiro, e posterior classificação dos alfabetizandos em níveis.

O que Castorina (2011, p. 188, grifo do autor) chama de “*aplicacionismo* essa atitude de tentar relacionar uma teoria psicológica com a educação, em uma utilização direta, sem mediações”. De acordo com o pesquisador, isso ocorreu em razão das interpretações deformantes dos textos originais por parte de psicólogos e educadores. O que trouxe por consequência que “os conteúdos curriculares perderam sua natureza política e social, tornaram-se secundários na prática educativa” (Castorina, 2011, p. 190).

Desse modo, o que todos esses pesquisadores críticos defendem é que a escola, por meio de suas ações intencionalmente programadas, garanta à classe trabalhadora o acesso aos bens culturais e aos conhecimentos historicamente estruturados pela humanidade, e não apenas mecanismos mecânicos e transmissores de informação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como demonstrado, o construtivismo piagetiano foi amplamente divulgado a partir dos estudos de Emilia Ferreiro, sobretudo, após apresentar os estudos desenvolvidos com a psicogênese da língua escrita. O que levou, nas décadas de 1970 e 1980, a criação de cursos de pós-graduação e de grupos de estudos piagetianos, que alcançaram as escolas e centros infantis.

Acredita-se ter alcançado o objetivo inicial de apresentar um estudo que expusesse a abordagem Construtivista, a começar por um levantamento histórico até suas manifestações no processo de alfabetização em linguagem no Brasil. O que deixou perceptível que de uma concepção cuja visão era de uma “revolução conceitual”, diante da necessidade de superação dos problemas sociais, políticos e educacionais, gerados pela ditadura militar instaurada na década de 1960, configurou-se na predominância Piagetiana no cenário brasileiro, consolidando-se como teoria hegemônica.

Numa espécie de “construtivismo à brasileira”, manifesta pelas reiteradas apropriações ecléticas e relacionadas a um “conceito brasileiro de alfabetização” sustentado nos estudos de Ferreiro e Teberosky, nos leva a concordar com Duarte (2008) de que a introdução do construtivismo foi um “cavalo de Troia” e demanda o desenvolvimento de reflexões sobre a relação entre as promessas e concretizações, principalmente ao se considerar as décadas de hegemonia do construtivismo na alfabetização escolar.

Logo, há de se concordar com Mortatti (2016), que manifesta a necessidade de uma ousadia intelectual por parte dos professores e pesquisadores para compreenderem os problemas do construtivismo, em especial do “construtivismo à brasileira”. De forma, a evitar, e até mesmo corrigir, as distorções nas tentativas de transposição do Construtivismo para o campo da educação, configurando essa como atividade imprescindível para a constituição de nossa condição humana.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1997.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Curricular Comum**. Brasília: Governo Federal, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/inicio>. Acesso em: 12 ago. 2022.
- CARVALHO, Leonardo Crevelário de Souza; ASSIS, Orly Zucatto Mantovani de. A psicogênese das estruturas cognitivas de crianças com dificuldades de aprendizagem e a noção de multiplicação. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 10, p. 77903–77917, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-280> . Acesso em: 5 dez. 2022.
- CASTORINA, José Antônio. O debate Piaget-Vygotsky: a busca de um critério para sua avaliação. In: CASTORINA, José Antônio et al. (org.). **Piaget-Vygotsky: novas contribuições para o debate**. São Paulo: Ática, 2008.
- CASTORINA, José Antônio. La psicología genética de los conocimientos sociales em el contexto didáctico: una mirada crítica. In: DONGO MONTOYA et al. (orgs.). **Jean Piaget no século XXI: escritos de epistemologia e psicologia genéticas**. Marília, RS: Cultura Acadêmica, 2011.
- CHAKUR, Cilene Ribeiro de Sá Leite **A desconstrução do Construtivismo na educação: crenças e equívocos de professores, autores e críticos**. São Paulo: Editora Unesp Digital, 2014. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/hf4w9/pdf/chakur-9788568334485.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2022.
- COSTA, Neuma Gomes da Silva. Abordagem construtivista: sujeitos e estratégias de aprendizagem. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 6, p. 57712–57721, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-260>. Acesso em: 5 dez. 2022.
- DINIZ, Glauco José Rocha; DA SILVA, Luziete Jorge; FERINO, Luiz Paulo da Penha; DE AMORIM, Samuel Ilo Fernandes. A importância da aplicabilidade do construtivismo para a educação infantil. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 8, n. 9, p. 64538–64552, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n9-273>. Acesso em: 5 dez. 2022.
- DUARTE, Newton. Por que é necessário uma análise crítica marxista do construtivismo? In: LOMBARDI, J. C.; SAVIANI, D. (org.). **Marxismo e educação: debates contemporâneos**. 2.ed. Campinas: Autores Associados; HISTEDBR, 2008.
- DUARTE, Newton. **Vigotski e o "aprender a aprender"**: crítica às apropriações neoliberais

e pós-modernas da teoria vigotskiana. Campinas: Autores Associados, 2011.

FERREIRO, Emilia.; TEBEROSKY, Ana. **Psicogênese da língua escrita**. Tradução de Diana Myriam Lichtenstein et al. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.

FERREIRO, Emilia. **Reflexões sobre a alfabetização**. 26 ed. - São Paulo: Cortez: 2001.

LANG DA SILVEIRA. Fernando. A Teoria do Conhecimento de Kant: O Idealismo Transcendental. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 19, número especial: p. 28-51, mar. Florianópolis, 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10053/15383>. Acesso em: 22 dez. 2022

LEÃO, Denise Maria. Paradigmas contemporâneos de educação: Escola tradicional e escola construtivista. **Cadernos de Pesquisa**, n. 107, p. 187-206, 1999, Disponível em <https://www.scielo.br/j/cp/a/PwJJHWcxknGGMghXdGRXZbB/> . Acesso em 6 dez 2022

MARTINS. Lígia Márcia, MARSIGLIA. Ana Carolina Galvão. **As perspectivas construtivistas e histórico-críticas sobre o desenvolvimento da escrita**. Campinas: Autores Associados, 2015.

MORTATTI, Maria do Rosário Longo. **Os sentidos da alfabetização**: São Paulo 1876/1994. São Paulo: Ed. da UNESP, 2000.

MORTATTI, Maria do Rosário Longo. Notas para uma história da formação do alfabetizador no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v.89, n.223, p.467-476, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.89i223.687>. Acesso em: 6 dez 2022

MORTATTI, Maria do Rosário Longo. Os órfãos do construtivismo. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, p. 2267–2286, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.21723/riace.v11.n.esp4.9193>. Acesso em: 5 dez. 2022.

MUYLAERT, Naira. Avaliação, currículo e o construtivismo: quais são as relações?. **Pesquisa e Debate em Educação**, Juiz de Fora: UFJF, v. 10, n. 2, p. 1274 - 1286, jul. - dez. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/RPDE/article/download/31762/22041/134362>. Acesso em: 6 dez. 2022.

NARDI, Roberto, GATTI, Sandra Regina Teodoro. Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte) [online]. 2004, v. 06, n. 02 pp. 115-144. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172004060205>. Acesso em: 5 dez 2022

NÓBREGA, Maria José. “Na alfabetização, a BNCC foi feita para resolver uma questão de equidade. **Revista Nova Escola**. On-line. 2020. Disponível em: <https://novaescola.org.br/bncc/conteudo/45/maria-jose-nobrega-na-alfabetizacao-a-bncc-foi-feita-para-resolver-uma-questao-de-equidade>. Acesso em: 6 dez. 2022.

PIAGET, Jean. **O Nascimento da inteligência na criança**. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar; Brasília: INL, 1975.

RAPPAPORT, Clara Regina; FIORI, Wagner da Rocha; DAVIS, Cláudia. **Psicologia do Desenvolvimento**. São Paulo: EPU, 1981

SAVIANI, Dermeval. Teorias pedagógicas contra-hegemônicas no Brasil. **Revista Ideação**, Feira de Santana, v.10, n.2, p.11-28, 2008.

SOARES, Magda Becker. **Letramento**: um tema em três gêneros. Belo Horizonte, MG: Autêntica, 2002.

ESTUDO E MODELAGEM DA RECONSTITUIÇÃO DE SOLOS POR COMPACTAÇÃO QUASE ESTÁTICA

Alexandre Garcês de Araujo¹
Marta Pereira da Luz²
Vlãdia Correchel³
Marcelo Tsuyoshi Haragushi⁴
Fernando Ernesto Ucker⁵

RESUMO

A reconstituição de solos em laboratório pode ser feita utilizando-se diferentes métodos de compactação. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar as principais variáveis do processo de reconstituição de solos por compactação quase-estática. Foram avaliadas a velocidade de compactação, a espessura da camada compactada, a energia decomposta em total, acomodação, elástica e efetiva e a umidade de preparação. Também foi feita a comparação da curva, densidade seca e umidade, com os resultados da compactação padrão Proctor. Uma alternativa de análise foi proposta e mostrou excelentes resultados em comparação com a curva padrão Proctor.

Palavras-chave: velocidade de compactação, altura da camada, umidade de compactação, energia de compactação

STUDY AND MODELING RECONSTITUTION OF SOILS THROUGH QUASI-STATIC COMPACTION

ABSTRACT

Reconstituting soils in laboratory may be done using different compaction methods. In this way, this study aims to evaluate the main variables of soil reconstitution process through quasi-static compaction. Compaction speed, compacted layer thickness, total decomposed energy, elastic and effective settlement, and preparation humidity were evaluated. The curve, dry density and humidity were also compared to the results of Proctor standard compaction. An alternative analysis was proposed, which showed excellent results compared to the standard Proctor curve.

Keywords: compaction speed, layer height, compaction moisture, compaction energy.

Recebido em 26 de julho de 2023. Aprovado em 24 de novembro de 2023

¹ Universidade Estadual de Goiás, Departamento de Engenharia Civil, Anápolis. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, PPG MEPROS, Goiânia. E-mail: alexandre.araujot@ueg.br

² Pontifícia Universidade Católica de Goiás, PPG MEPROS, Goiânia. E-mail: marta.eng@pucgoias.edu.br

³ Universidade Federal de Goiás, Departamento de Agronomia, Goiânia. E-mail: vladiacorrechel@hotmail.com.br

⁴ Universidade Estadual de Goiás, Departamento de Engenharia Civil, Anápolis. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, PPG MEPROS, Goiânia. E-mail: haramt@yahoo.com.br

⁵ Centro Universitário Araguaia, Goiânia. E-mail: ferucker@gmail.com

INTRODUÇÃO

O processo de compactação em campo possui a finalidade de melhorar as suas características mecânicas para diferentes tipos de construções. Esse processo consiste na rápida redução de volume de solos pela aplicação de um esforço de compactação que produza a expulsão de ar, sem alterar a quantidade de água (Raghavan and Ohu, 1985; Sharma et al., 2016; Zhemchuzhnikov et al., 2015). Por outro lado, solos são compactados no laboratório com a finalidade de reproduzir o próprio processo de compactação (Assouline et al., 1997). Além disso, solos podem ser compactados no laboratório com a finalidade de reconstituir solos naturais, para o estudo do seu comportamento (Alonso et al., 2011; HONG et al., 2010; LIN et al., 2012; Otálvaro et al., 2015; ZHAO et al., 2009). Este último processo é mais conhecido como “reconstituição” de solos.

A compactação ou reconstituição em laboratório precisa produzir um solo com características representativas daquelas do solo no campo. Um material representativo possui características físicas e propriedades que são semelhantes às daquele solo que se procura reproduzir. Para verificar tal representatividade diversas variáveis podem ser avaliadas. Pode-se comparar parâmetros de comportamento do material produzido em laboratório e originado no campo. Pode-se também investigar e comparar variáveis mais fundamentais, como a energia envolvida nos processos de compactação/reconstituição e as características físicas dos diferentes processos de densificação do solo. A compactação pode ser realizada no laboratório de maneira dinâmica utilizando o processo de aplicação de golpes em camadas, por vibração no caso de materiais sem coesão, ou de maneira quase-estática.

A compactação quase-estática surgiu como uma alternativa, em laboratório, para a compactação ou reconstituição de solos. Pode-se produzir corpos de prova com elevada homogeneidade e sob condições relativamente bem controladas de energia de compactação e índices físicos obtidos. Pode-se citar também a conveniência de se produzir corpos de prova acabados com dimensões finais especificadas e compatíveis com ensaios mecânicos pretendidos. Grande parte dos estudos existentes se objetivaram na comparação entre os métodos de compactação, na tentativa de obter correlações do peso específico seco máximo e umidade ótima entre os métodos (Bell, 1977; Doris Asmani et al., 2013; Ekwue, Edwain I.; Birch, Robert; Chewitt, 2015; Kell, 1964; Kenai et al., 2006; Kurucuk et al., 2008; Reddy and Jagadish, 1993; Seed, 1955; Zhang et al., 2005). Infelizmente, foram poucos os estudos publicados que avaliaram o processo de compactação estática (Sharma et al., 2016), que forneçam dados qualitativos a respeito das influências das diversas variáveis de execução da compactação (Zhemchuzhnikov et al., 2015), da forma de interpretação do processo de compactação, e o estudo detalhado da qualidade do produto acabado obtido.

Este trabalho apresenta um minucioso estudo da compactação ou reconstituição quase-estática de solos. É proposta uma metodologia para a modelagem do processo e é estabelecido um método de cálculo e interpretação dos resultados. A modelagem e interpretação do processo de densificação quase-estática é realizada sob a luz de conceitos como a energia total, energia elástica e energia efetiva e considerados fatores, como o atrito lateral e delimitação entre o final do processo quase-estático e o início da geração de poropressões de água positivas. Também é apresentada uma campanha de ensaios estabelecida de maneira a permitir a avaliação dos principais efeitos físicos do processo de compactação e reconstituição de solo, tais como a velocidade de deslocamento do pistão e a espessuras das camadas. Finalmente, propõe-se critérios de padronização do processo de reconstituição de amostras que maximizem a homogeneidade e repetibilidade do processo. Assim, fica evidente que diferentemente dos trabalhos disponíveis na literatura o objetivo deste estudo não é a comparação de propriedades do solo em diferentes métodos de reconstituição, objetivando-se exclusivamente no entendimento e modelagem do processo de reconstituição com compactação quase-estática, que possui lacunas ainda não estudadas.

Compactação Quase-Estática

No processo de compactação proctor, o cilindro possui um terço do diâmetro da seção transversal do molde (Figura 1a), assim grande parte da energia aplicada é perdida pelo deslocamento do solo nas proximidades do contato com o pistão (Bell, 1977; Yaghoubi et al., 2017). Por outro lado, no processo de compactação quase-estática o pistão possui área de seção transversal muito próxima da área da seção transversal do molde (Figura 1b), permitindo que a energia aplicada seja integralmente absorvida pelo sistema solo/molde. Além disso, o processo de aplicação da tensão com baixa velocidade, reduz a possibilidade de geração de poro pressões de água, desde que a velocidade seja baixa o suficiente para drenagem, deixando a energia aplicada ainda mais eficiente. O arranjo estrutural do solo reconstituído pelo processo de compactação quase-estática se assemelha melhor a de campo em comparação com a reconstituição pelo método do Proctor (Doris Asmani et al., 2011; Hafez et al., 2010; Reddy and Jagadish, 1993).

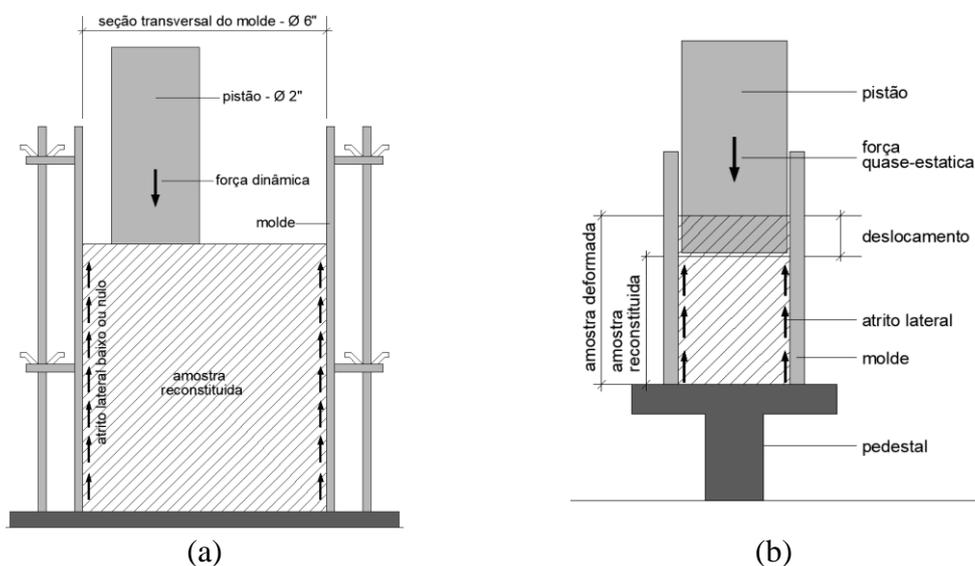


Figura 1. Comparação dos aparatos de compactação Proctor e quase-estática: a) molde e pistão utilizados na compactação proctor; b) molde e pistão utilizados na compactação quase-estática.

O ensaio quase-estático permite o controle dos índices físicos e da energia de compactação que podem ser obtidos a qualquer instante durante o procedimento. Porosidade, peso específico e grau de saturação de interesses são obtidos de maneira muito eficaz tornando o processo com alto grau de repetibilidade, resultando em procedimento muito recomendado para reconstituição de amostras a serem utilizadas nos mais diversos tipos de experimentos.

A energia mobilizada durante a reconstituição do solo possui comportamento exponencial, assim, o acréscimo de energia não é proporcional ao acréscimo da densidade. Cada vez mais quantidade de energia é necessária para produzir mesmo acréscimo de densidade. A hipótese deste comportamento é sustentada pela mobilização de atrito que é mais evidente em duas situações específicas: camadas espessas e altas densidades. Portanto, estudar as variáveis envolvidas é fundamental para entendimento do processo como um todo.

As principais variáveis no processo de reconstituição de amostras por meio da compactação quase-estática são: velocidade de compactação, energia total e elástica, espessura da camada compactada, umidade de preparação da amostra. Essas variáveis não são mencionadas na maioria dos estudos que utilizaram o procedimento quase-estático para reconstituição de amostras. A velocidade de compactação é a única variável informada por alguns autores. No entanto, não há recomendações do valor apropriado a ser utilizado (Zhemchuzhnikov et al., 2015). Exemplos de valores de velocidades utilizadas podem ser

encontrados em Bell (1977), Crispim et al. (2011), Kenai et al. (2006), Reddy and Jagadish (1993) e Zhang et al. (2005) com valores de 1.25 mm/min a 13 mm/min.

Modelagem Da Compactação

Variáveis da compactação quase-estática

A compactação quase-estática usando um molde de parede rígido e deslocamento unidimensional pode ser analisada em termos de algumas variáveis de volume-massa e energia. A massa do solo ocupa um volume dado pela área horizontal do molde e pela altura variável ocupada pela massa do solo, h .

Força vertical, tensão vertical, energia de compactação e densidade de energia são variáveis externas de interesse quando se trata de avaliar o trabalho de compactação realizado por forças externas e variáveis associadas. A força vertical pode ser medida diretamente durante a compactação sob uma taxa constante e controlada de deslocamento. A tensão vertical é trivialmente obtida desde que a amostra tenha área constante de seção transversal.

Considerando que somente deslocamentos verticais são produzidos pela aplicação de carregamento vertical, a energia de compactação pode ser obtida como mostrado:

$$E = \int_h^{h_i} F_v dh \quad (1)$$

em que: h e h_i são as alturas da amostra a qualquer momento e no início do processo, respectivamente, e F_v é a força vertical.

A densidade de energia, U , pode ser definida como a quantidade de energia por unidade de volume:

$$U = \frac{E}{Ah} \quad (2)$$

em que: A é a área horizontal constante da amostra.

É interessante notar que essas variáveis são relacionáveis apenas com o trabalho devido a forças externas. A maneira em que o trabalho externo é transformado em alterações no estado do solo, arranjo e compressão dos poros exigiria um exame mais detalhado de outras variáveis, como poro pressão de água e poro pressão de ar, apenas para exemplificar. Uma abordagem em como o trabalho externo é transformado em trabalho de compactação eficaz será proposta posteriormente.

Modelo para curvas de compressão

A relação entre a altura da amostra e a força aplicada obtida durante a compactação mostra comportamento exponencial (Islam & Kodikara, 2015). Portanto, a seguinte equação empírica foi proposta para modelar o processo de compactação.

$$F_v = \exp\left(-\frac{h_0 - h}{\lambda}\right) \quad (3)$$

em que: λ e h_0 são parâmetros de ajuste. Os parâmetros de ajuste têm significados claros, com a inclinação constante em função do carregamento vertical sendo $\lambda = \Delta h / \ln(F_v)$ e $h = h_0$ correspondendo a $F_v = 1$.

A Equação 5 pode ser usada para ajustar os dados experimentais. Embora a equação seja indefinida em $F_v = 0$, este comportamento não representa uma limitação significativa. A equação de ajuste proposta resulta em uma superestimação significativa da força de compactação durante o início do processo de compactação, mas excelente concordância é obtida em estágios posteriores. A porção inicial da curva de carga é altamente variável, sendo

afetada pela menor variação na maneira como a amostra de solo é inicialmente colocada. Portanto, parece apropriado desconsiderar a compactação inicial.

A carga vertical de compactação pode depender de inúmeras variáveis além do comportamento do solo e do estado inicial. Pode-se argumentar que a energia e a densidade de energia seriam variáveis de estado mais adequadas para estudar e comparar as condições de compactação. Considerando a função de carga vertical proposta, a energia de compactação pode ser relacionada à altura da amostra como segue:

$$E = \int_h^{h_0} \exp\left(-\frac{h_0-h}{\lambda}\right) dh \quad (4)$$

É importante notar que os limites médios da integral proposta da energia aplicada ao sistema até $F_v = 1$ foi negligenciada. Considerando que Newton está sendo usado como unidade de força vertical, cargas de até 1 N podem ser consideradas significativamente baixas para moldes de áreas horizontais típicas.

Resolvendo a integral de definição da energia de compactação, a equação resultante é a seguinte:

$$E = \lambda \left[1 - \exp\left(-\frac{h_0-h}{\lambda}\right) \right] \quad (5)$$

Por outro lado, a altura da amostra é obtida em função da energia de compactação de acordo com a seguinte equação:

$$h = h_0 + \lambda \ln\left(1 - \frac{E}{\lambda}\right) \quad (6)$$

A massa específica seca pode ser calculada combinando as relações básicas de massa-volume e a Equação 8 relacionando a altura da amostra e a energia de compactação:

$$e = \frac{\gamma_s(1+w)A}{Mg} \left[h_0 + \lambda \ln\left(1 - \frac{UAh}{\lambda}\right) \right] - 1 \quad (7)$$

$$\gamma_d = \frac{Mg}{A(1+w)} \frac{1}{h_0 + \lambda \ln\left(1 - \frac{UAh}{\lambda}\right)} \quad (8)$$

$$S = wG_s \frac{Mg}{\gamma_s(1+w)A \left[h_0 + \lambda \ln\left(1 - \frac{E}{\lambda}\right) \right] - Mg} \quad (9)$$

Componentes da energia de compactação

Quatro componentes de energia podem ser definidos no processo de compactação quase-estática, sendo: energia mobilizada, energia elástica, energia de acomodação e energia efetiva. A energia mobilizada é definida pelo trabalho gerado pela força vertical externa e o deslocamento gerado, previamente definido (Equação 3) como energia de compactação. A energia elástica é a energia que está relacionada com a deformação recuperável do solo. No processo de carregamento, descarregamento e recarregamento observa-se que o solo recupera parte da deformação e a energia necessária para alcançar a deformação de parada antes do descarregamento é definida como energia elástica (Figura 2).

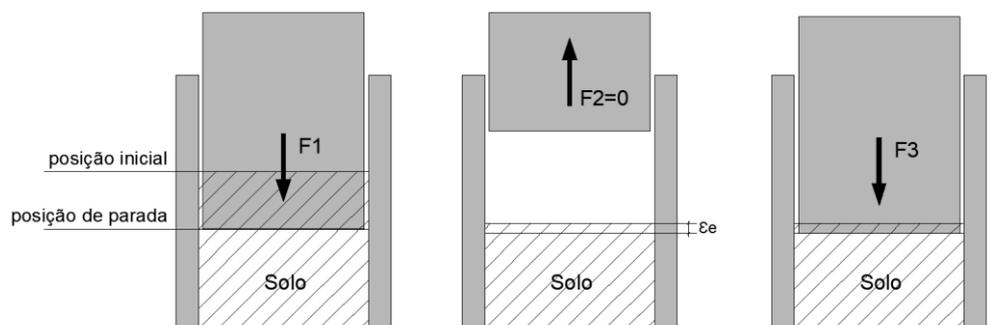


Figura 2. Conceito de energia elástica: ϵ_e – deformação elástica; F1 – força de parada; F2 – força durante o descarregamento; F3 – força necessária (força elástica) para alcançar a posição de parada em F1.

A energia elástica pode ser calculada pela Equação 3, sendo h_i a altura do solo incluindo a deformação recuperável e h a altura do solo na posição de parada do carregamento que antecedeu o descarregamento.

A energia de acomodação é obtida pela parada do pistão em qualquer posição. A força no momento de parada é reduzida pelo processo de adaptação da estrutura do solo. O equilíbrio é considerado quando grande quantidade de tempo é necessário para pequena redução da força.

A energia efetiva é calculada com a diferença entre a energia de compactação e as energias de acomodação e elástica. Quanto maior o número de paradas e recarga durante o teste, melhor será a curva de energia real. É importante ressaltar que, neste caso, considera-se que a acomodação e as energias elásticas não geram deformações no solo, portanto devem ser subtraídas da energia de compactação para obtenção da energia efetiva. A Figura 3 apresenta os conceitos dos tipos de energias em um único gráfico.

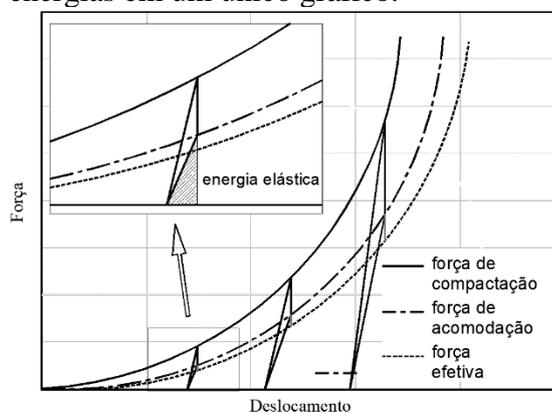


Figura. 3 Comportamento da curva Força x Deslocamento e obtenção da energia elástica.

MATERIAL E MÉTODOS

Características do solo

O solo utilizado neste estudo foi coletado na região sudoeste ($16^{\circ}43'S$, $49^{\circ}17'W$) da Cidade de Goiânia estado de Goiás, Brasil. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho com perfil homogêneo e profundo. A coleta foi realizada no horizonte B latossólico 1m de profundidade. As características físicas são: $LL=33,2\%$; $LP = 22\%$; $IP=11,2\%$; $G_s = 2.69$; areia = 25% ; silte = 33% ; argila = 42% ; classificação unificada – CL.

A análise granulométrica foi realizada por peneiramento, sedimentação e difração laser. Para verificação do grau de agregação das partículas, realizou-se a sedimentação com água

destilada e com hexametáfosfato de sódio como agente desagregante. Esse agente desagregante também foi utilizado no ensaio de difração laser, além da ferramenta de ultrassom disponível no equipamento que também possui finalidade de desagregação. A diferença entre as porcentagens da fração fina mostra que o solo possui partículas que formam agregados muito resistentes. Isso pode ser comprovado pela comparação dos resultados do ensaio sem o agente desagregante, no qual a quantidade de argila foi de 2%, em comparação com o resultado do ensaio com a desagregação química e física, no qual a quantidade de argila passou para 40%. Esse efeito é muito comum em solos tropicais com alto grau de intemperismo, como é o caso do solo deste estudo.

Compactação e sistema de aquisição de dados

O carregamento quase-estático foi realizado por meio de uma prensa microprocessada da marca EMIC modelo DL2000 com capacidade de 20 kN e velocidade ajustável de 0.0001 mm/min a 50 mm/min. O equipamento possui datalogger integrado com aquisição de força e deslocamento, essas informações são armazenadas e disponibilizadas em planilha eletrônica, ASCII ou arquivo de texto. O ensaio pode ser comandado diretamente no equipamento, de maneira limitada, ou por meio de software. No software o ensaio deve ser escrito em um editor de algoritmos permitindo que ensaios complexos, como os ensaios cíclicos com condicionantes, possam ser totalmente automatizados.

Foi utilizado um molde metálico tripartido com dimensões de 36mm de diâmetro e 80mm de altura. O molde possui paredes espessas e alta rigidez. Nos ensaios de baixa velocidade com carregamentos cíclicos (duração de cerca de 10 h) foi utilizada proteção com algodão úmido e filme plástico para evitar perda de umidade da amostra.

Ensaio realizados

A quantidade de variáveis estudadas neste trabalho demandou um extenso programa experimental e um rigoroso planejamento para priorizar combinações lógicas entre elas. Para realização do ensaio estabeleceu-se, entre as combinações das variáveis, variável fixa (secundária) e variações na variável principal (Tabela 1). A alternância entre variável fixa e variável principal permitiu analisar todas as combinações planejadas e as influências de cada uma no processo como um todo.

Tabela 1. Combinação entre as variáveis analisadas.

Variável principal	Variáveis secundárias
Altura da camada (0.5, 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 cm)	Velocidade 1mm/min Umidade 18%
Velocidade (0.01, 0.1, 1.0, 10.0mm/min)	Altura da camada 1cm Umidade 18%
Umidade (16, 18, 20, 22, 24 e 26%)	Altura da camada 1cm Velocidade 1mm/min
Energia (mobilizada, acomodação, elástica e efetiva)	Altura da camada 1cm Velocidade 1mm/min

A escolha das umidades se baseou na curva de compactação proctor convencional a qual resultou em umidade ótima de 20% e peso específico seco máximo de 15.96 kN/m³. As velocidades foram escolhidas com variação na ordem de 10 vezes para tentar evidenciar com clareza sua influência no processo de compactação estática. A altura da camada foi limitada em 4cm devido ao diâmetro de 3.8cm do molde utilizado. Para esse diâmetro a altura limite já poderia comprometer a homogeneidade da reconstituição do CP e além de necessitar de grande quantidade de energia devido ao elevado atrito mobilizado.

Para avaliação das energias o ensaio foi realizado de maneira direta e cíclico. No ensaio cíclico definiu-se 10 paradas, com intervalos de 1mm de deslocamento cada, nas quais o pistão permaneceu estacionado por cerca de 10 min para atingir o equilíbrio da tensão que começa a reduzir no momento da parada. Atingido o critério de equilíbrio, o pistão é deslocado no sentido de alívio da pressão com velocidade suficiente para monitoramento da redução da força. Em seguida, atingindo força igual a zero, inicia-se novamente o processo de compactação quase-estática, com a velocidade inicialmente programada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Altura da camada compactada

Para escolha da altura da camada a ser compactada no processo quase-estático de reconstituição de amostras deve-se observar três critérios: a quantidade de energia mobilizada para alcançar os índices físicos a serem reconstituídos, pois o atrito lateral solo/molde aumenta na medida que a altura da camada é aumentada; e a homogeneidade da camada que devido a limitação de escorregamento das partículas sob pressão quase estática, podem ser geradas concentrações de tensão e, portanto, regiões de diferentes densidades na amostra (Yaghoubi et al., 2017). Neste sentido, a avaliação da altura da camada em termos de energia de compactação mobilizada, realizada neste trabalho, mostrou razoável sensibilidade, como mostrado na Figura 4. Para o índice de vazios de 0.7, por exemplo, a energia total mobilizada variou de 15 a 60 kJ/m³ para as camadas de 0.5 a 4.0 cm de espessura respectivamente. A influência do atrito na energia mobilizada no ensaio de compactação quase-estática já foi alvo de observação de outros autores (Zhemchuzhnikov et al., 2015).

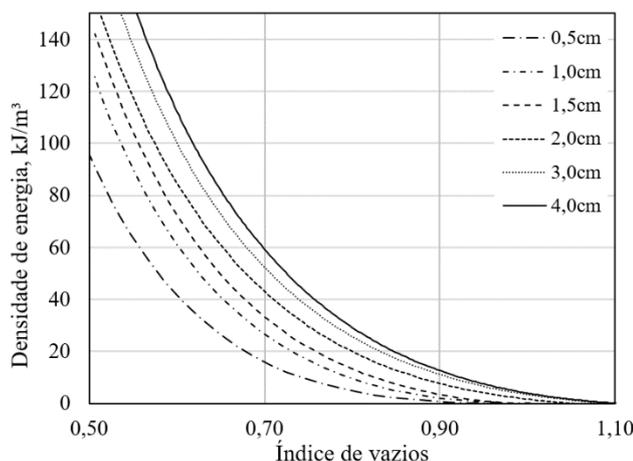


Figura 4. Energia de compactação mobilizada por unidade de volume para diferentes espessuras de camadas. O solo utilizado foi preparado com umidade de 18%.

Crispim et al. (2011) realizaram estudos de reconstituição de solos sem controle da energia mobilizada, considerando que o produto, peso específico seco, índice de vazios e porosidade, é obtido por meio da quantidade de solo e do volume final da amostra que é dependente unicamente do deslocamento do pistão. No entanto, a verificação da energia é recomendada, pois grande mobilização de energia pode ser também um indicativo de grande perda por atrito e, por consequência, falta de homogeneidade da distribuição dos poros da amostra reconstituída.

Dentre as alturas analisadas a e 0,5 cm foi a de maior dificuldade em termos de repetibilidade e de resultados lógicos. A grande variabilidade observada nos resultados dessa altura de camada está atribuída a pequena quantidade de solo necessário para realização do

ensaio. Assim, qualquer perda durante o procedimento gera grande influência no resultado, no caso de camadas com maiores espessuras essas perdas não são tão impactantes. Ressalta-se que pequenas perdas são inevitáveis, pois é comum pequena quantidade de solo aderir nas paredes do molde, na área de contato do pistão, ou até mesmo nos utensílios utilizados para inserção do solo no molde. Portanto, a escolha da altura da camada deve considerar também essa dificuldade metodológica. Na Tabela 2 pode ser observado o desvio padrão e coeficiente de variação dos índices de vazios para cada altura de camada. Essas análises foram obtidas considerando cinco repetições.

Outro aspecto que deve ser considerado é o diâmetro do molde ou da amostra a ser reconstituída na relação altura da camada e diâmetro para evitar grandes mobilizações de atrito entre o solo e o molde (Tien et al., 2004), relações próximas de um minimizam o efeito do atrito. As alturas avaliadas neste estudo se referem ao molde utilizado que possui 38 mm de diâmetro. Porém, é provável que comportamento semelhante seja verificado em moldes de outros diâmetros, mas com diferentes faixas de energia mobilizada.

Tabela 2. Análise da repetibilidade do índice de vazios para cada altura de camada analisada

Altura da camada (cm)	n ^o repetições	e	\bar{e}	σ	c.v. (%)
0,5	5	1,0	1,01	0,029	2,86
1,0	5	1,0	1,00	0,010	1,00
2,0	5	1,0	1,00	0,006	0,65
3,0	5	1,0	1,00	0,007	0,71
4,0	5	1,0	1,00	0,007	0,76

Velocidade de compactação

Na Figura 5 pode ser observado que a velocidade não gera grande influência na mobilização de energia no processo de compactação quase-estática. Porém, durante a realização dos ensaios verificou-se que a utilização de velocidades acima de 5 mm/min dificulta a parada do pistão na altura necessária para se obter índices físicos de interesse, essa falta de precisão na parada pode ocorrer mesmo em prensas programáveis. Outro aspecto relevante é a possibilidade de geração de poro pressões de água. Por esse motivo, recomenda-se a verificação da velocidade a ser utilizada para amostras reconstituídas em baixos valores de índice de vazios e solos de granulometria fina (Zhemchuzhnikov et al., 2015).

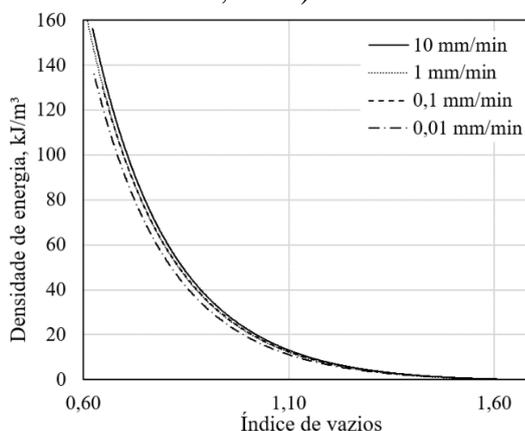


Figura 5. Efeito da velocidade na energia de compactação. O solo utilizado foi preparado com umidade de 18%.

Velocidades inferiores a 0.5 mm/min também precisam ser utilizadas com cuidado, pois apesar de velocidades reduzidas serem recomendadas, para que não sejam geradas poro pressões de água, o tempo de duração do ensaio deve ser considerado para evitar perda de água em ensaios muito prolongados, uma vez que o teor de água pode gerar grande influência no arranjo das partículas e, portanto, deve-se tentar mantê-lo constante durante a realização do procedimento. Neste estudo, verificou-se que a velocidade de 1 mm/min atendeu aos critérios mencionados, não sendo necessário a proteção de perda de umidade que se manteve constante durante todo procedimento além de tornar a parada do pistão muito precisa resultando em alta repetibilidade no índice de vazios desejado.

Umidade de compactação

Foram avaliadas seis umidades com velocidade de carregamento de 1 mm/min. O resultado, apresentado na Figura 6a, mostra que o conteúdo de água no solo, assim como na compactação dinâmica (Hanson & Robinson, 1993), gera influência no processo de compactação quase-estática. Observa-se, na Figura 6b, que para obtenção de índices de vazios menores o aumento do teor de água reduz consideravelmente a energia necessária. No entanto, nos índices de vazios de 0.9 e 1.0 a influência da umidade na redução da energia total de compactação é muito menor. Esse resultado confirma a importância da presença de água na lubrificação das partículas facilitando o movimento durante a compactação. Na compactação dinâmica essa quantidade de água favorece a compactação até o limite da umidade ótima, a partir deste valor, a água ocupa espaço que poderia ser ocupado por partículas sólidas reduzindo a densidade do solo. Entretanto, na compactação quase-estática, como não há perda de energia geralmente o pico de umidade ótima não é evidente.

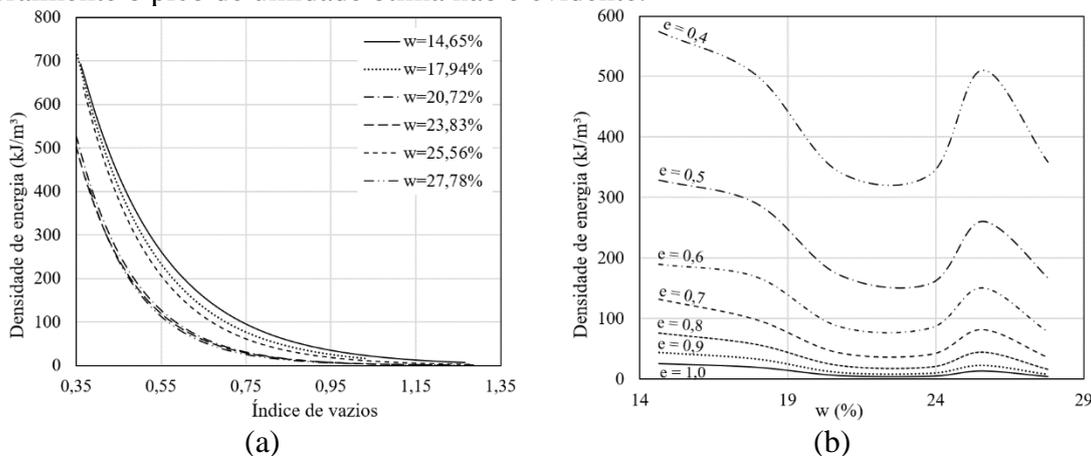


Figura 6. Efeito da velocidade na energia de compactação.

Energia de compactação

A energia total de compactação mobilizada no processo é a soma de três componentes: energia elástica; energia de acomodação e energia efetiva. Essas energias podem ser medidas em ciclos de carregamento, parada para equilíbrio da tensão, descarregamento e recarregamento. Ramavath et al. (2015) realizaram ciclos de carregamento e descarregamento em compactação quase-estática e sugeriram a separação da energia elástica da energia total para cálculo da energia efetiva e Tien et al., (2004) também realizaram carregamentos cíclicos para estudar o comportamento elástico do material. Porém, neste estudo, percebeu-se que um terceiro componente da energia mobilizada também deve ser avaliado com igual importância. Essa terceira parcela foi chamada de energia de acomodação e pode ser obtida com a parada do pistão antes de realizar a descompressão nos ciclos de carregamento e recarregamento. Quando o movimento do pistão é interrompido e mantido estaticamente parado, observa-se que se inicia

uma redução da força aplicada, essa redução tende a se estabilizar, mas a estabilização acontece com considerável redução da força aplicada.

O cálculo da energia para cada uma das parcelas é feito utilizando-se integração da curva Força X Deslocamento para todos os casos, conforme equação 3 já apresentada. Os índices físicos também podem ser calculados para cada uma das parcelas em qualquer instante. A Figura 7 apresenta os resultados das curvas de energia pelo índice de vazios para cada umidade avaliada. Em todos os casos, de umidade de preparação, a energia de acomodação gerou considerável redução da energia total mobilizada. Por outro lado, a energia elástica contribuiu para perda de energia a partir da energia total mobilizada de 50 kJ/m³. Portanto, fica evidente que para cálculo da energia efetiva a energia de acomodação não deve ser negligenciada.

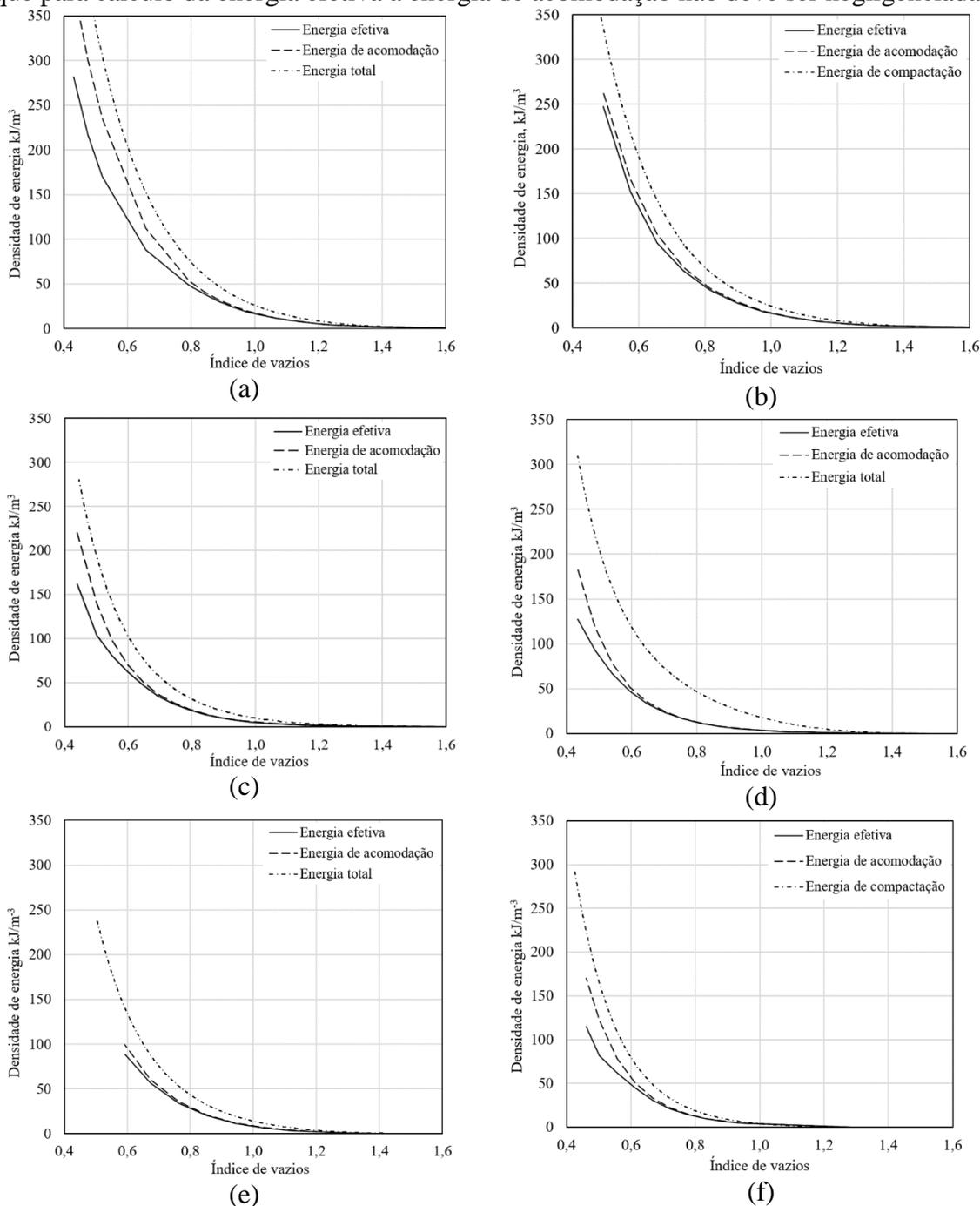


Figura 7. Componentes de energia para as umidades avaliadas: a) 14,65%; b) 18,00%; c) 20,72%; d) 23,83%; e) 26,00%; f) 27,78%.

Curva densidade seca x umidade

Um dos grandes objetivos da compactação em laboratório, além da reconstituição dos solos, é a obtenção do peso específico seco máximo e da umidade ótima. Esses dados são obtidos por meio da curva de compactação, que relaciona o peso específico seco e a umidade. Na compactação Proctor essas curvas podem ser obtidas para três diferentes energias, normal, intermediária ou modificada. Neste trabalho realizou-se a comparação entre a curva de compactação proctor, com energia normal, e as curvas de compactação quase-estática em várias energias. Na Figura 8 são apresentados os resultados das curvas de compactação obtidas para as energias total, acomodação e efetiva nos valores de 50 e 100 kJ/m³. As curvas possuem uma leve tendência ao formato da curva padrão Proctor, mas em nenhuma das energias é possível estabelecer essa relação. O pico da umidade ótima e densidade seca máxima, muito evidente na curva padrão Proctor, geralmente não aparece nas curvas de compactação quase-estática. Esse mesmo comportamento já foi observado por outros autores (Mesbah, A. et al., 1999; Reddy & Jagadish, 1993; Tarantino & De Col, 2008; Zhang et al., 2005; Caicedo et al., 2014; Zhemchuzhnikov et al., 2015).

O motivo do pico, muito evidente na compactação Proctor, que separa os ramos seco e úmido, é a perda de energia facilmente observável a medida em que o solo deixa o ramo seco e passa para o ramo úmido. No início da curva, o aumento de umidade lubrifica as partículas e melhora o rearranjo, tornando a energia cada vez mais eficiente para aumento da densidade seca. No entanto, a partir da umidade ótima, a quantidade de água adicional além de lubrificar em excesso o contato entre as partículas, o que ocasiona grande perda de energia devido a seção reduzida do pistão em relação a seção do molde, o que gera grande deslocamento de solo no contato do pistão com o solo, começa a tomar lugar das partículas no molde. Assim, como a água possui densidade menor do que as partículas, o peso específico seco é reduzido, uma vez que a quantidade de solo seco é reduzida.

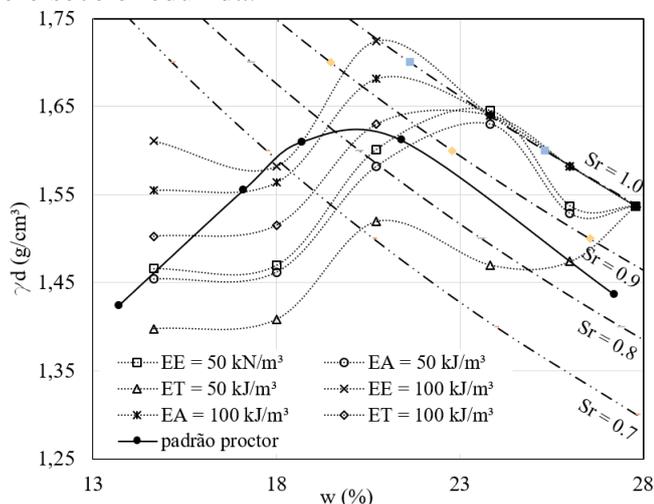


Figura 8. EE – Energia efetiva; EA – energia de acomodação; ET – energia total

Na compactação quase-estática, mesmo com bastante umidade, não há perda substancial de energia, pois o pistão possui a mesma seção do molde, assim não é gerado deslocamento de solo nas proximidades do pistão que ocasiona perda da eficiência de energia. Neste processo acontece exatamente o contrário, com as partículas lubrificadas em excesso a energia no ramo úmido se torna ainda mais eficiente, pois com a redução do atrito entre partículas a resistência ao deslocamento é reduzida. Esse efeito gera densidades cada vez maiores, como pode ser observado na curva de compactação proveniente do processo de compactação quase-estática (Figura 8). Portanto, a comparação entre os métodos não deve ser feita considerando que o proctor é realizado sem perda de energia.

Para que a comparação seja possível as mesmas condições devem ser consideradas. Assim, como é muito difícil a estimativa da perda de energia que ocorre no procedimento de compactação proctor, a comparação não deve ser realizada por meio de mesmas energias a qual tem sido a tentativa dos estudos. Uma análise nos índices físicos provenientes da compactação quase-estática torna-se fundamental para determinação de novos parâmetros a serem unificados para comparação. Exemplifica-se, nesta análise, os índices físicos provenientes da energia de compactação de 50 kJ/m³ que foi objeto de comparação com a compactação proctor (Tabela 3).

Tabela 3. Análise da repetibilidade do índice de vazios para cada altura de camada analisada

W (%)	Diâmetro do cilindro (cm)	h final da camada (cm)	V final da camada (cm ³)	Solo úmido (g)	Solo seco (g)	g _n (g/cm ³)	g _d (g/cm ³)
14,65	3,80	1,04	11,794	19,295	16,829	1,636	1,427
17,94	3,80	1,12	12,701	19,662	16,671	1,734	1,470
20,72	3,80	1,04	11,794	22,727	18,826	1,927	1,596
23,83	3,80	0,94	10,660	21,256	17,165	1,994	1,610
25,56	3,80	0,98	11,114	21,039	16,676	1,893	1,508
27,78	3,80	0,90	10,207	21,210	16,599	2,078	1,626

Observa-se na Tabela 3 que mesmo com a redução da quantidade de solo seco, o peso específico seco aumenta, isso porque a altura final da camada também é reduzida compensando a redução do solo. Ressalta-se, porém, que na compactação proctor o volume sempre é o mesmo, pois no procedimento é adicionado solo até completar totalmente o volume do cilindro padronizado. Assim, parece ser ideal a comparação mantendo volume constante na compactação quase-estática negligenciando-se a energia resultante, assim como acontece na compactação proctor. Na Figura 9 é apresentado a comparação dos dois processos de compactação considerando volume constante. Nota-se boa proximidade da umidade ótima, densidade seca máxima e da curva de compactação. É importante ressaltar que essa é a comparação que deve ser feita entre os dois procedimentos. Os resultados mostram que a compactação quase-estática pode ser perfeitamente utilizada para obtenção dos parâmetros da curva de compactação.

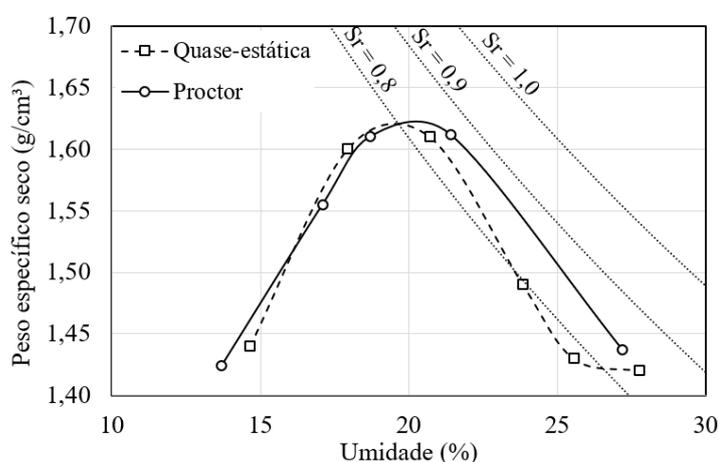


Figura 9. Curva de compactação proctor e quase-estática considerando volume constante.

Aplicação dos modelos

O modelo proposto se ajustou as curvas típicas de força x deslocamento com valor de R^2 superior a 0,99 para todos os casos. Na Figura 10a pode ser observado o ajuste da curva força x deslocamento para o ensaio com 18% de umidade e espessura de 1 cm. A energia pode ser obtida pela integral da curva força x deslocamento dos dados experimentais ou dos dados ajustados e dividida pelo volume da amostra para obtenção da densidade de energia. Na Figura 10b é feita a comparação dos dois métodos. É sugerido que a apresentação da curva de densidade de energia seja em função de um índice físico normalizado, tais como: índice de vazios, grau de saturação, peso específico seco dentre outros. Na Figura 10c é apresentada a densidade de energia na escala logarítmica com o índice de vazios e na Figura 10d com o grau de saturação.

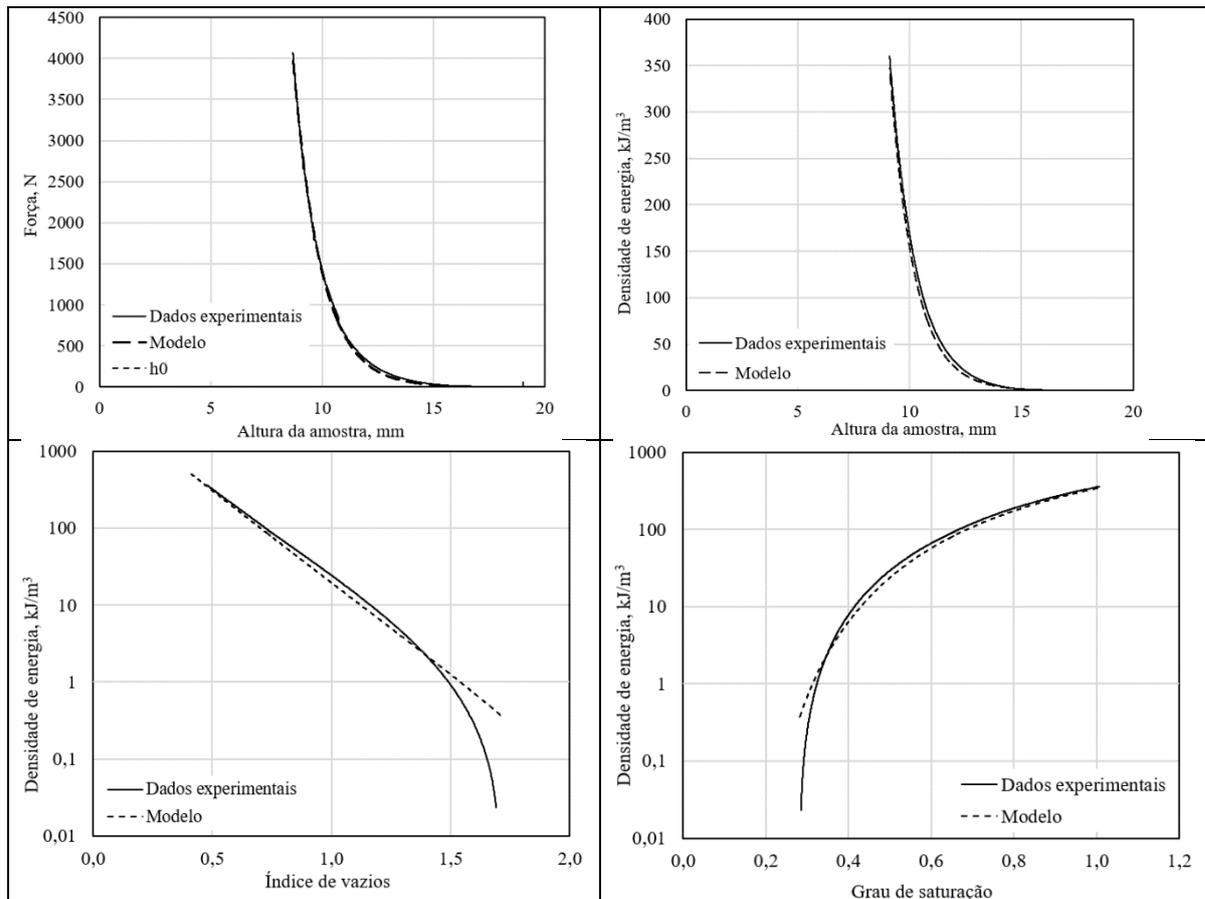


Figura 10. Curva força x deslocamento dos dados experimentais e do modelo de ajuste para solo preparado com 18% de umidade e 1cm de altura de camada.

Quando a densidade de energia é apresentada na escala logarítmica (Figura 10b e 10c), percebe-se que o modelo não se ajusta bem aos dados iniciais de índice de vazios (início da compactação). Esse efeito é esperado, pois se trata do início do processo de compactação no qual o índice de vazios possui valores máximos. Nessa etapa inicial não há um comportamento definido e depende da maneira em que o solo solto é inserido no molde metálico. A partir de cerca de 25% de deformação axial o comportamento passa a ser típico e o modelo se ajusta aos dados experimentais com boa precisão. Esse efeito é minimizado quando a densidade de energia é carregada em função do grau de saturação, como apresentado na Figura 3.12 d.

CONCLUSÃO

O modelo apresentado para a compactação estática se ajustou aos dados experimentais com coeficiente de determinação de 0,99 para todos os casos. O modelo permite a obtenção de índices físicos a qualquer instante do procedimento, assim, sugere-se que a compactação, por esse processo, seja realizada em amplitudes de energia e índices de vazios superiores aos necessários para que os dados possam ser aproveitados para outras finalidades.

A comparação da curva de compactação entre os métodos por meio de mesma densidade de energia, como tradicionalmente é feito, mostrou que não é possível a obtenção do peso específico seco máximo e umidade ótima devido a ausência do ramo úmido. No entanto, a nova proposta de comparação padronizando-se o volume da amostra na compactação quase-estática, assim como é feito na compactação proctor, mostrou bons resultados e parece promissora.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, E.E.; GENS, A.; GÓMEZ-ESPINA, R.; LLORET MORANCHO, A.; GENS SOLÉ, A.; **Unsaturated soils proceedings of the Fifth International Conference on Unsaturated Soils**, Barcelona, Spain, 6-8 September 2010, Fifth International Conference on Unsaturated Soils. 2011.
- ASSOULINE, S.; TESSIER, D.; TAVARES-Filho, J.; **Effect of Compaction on Soil Physical and Hydraulic Properties: Experimental Results and Modeling**. Soil Sci. Soc. Am. J. <https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100020005x>. 1997.
- BELL, J.R. **Compaction energy relationships of cohesive soils**. Transp. Res. Rec. 29–34. 1977.
- CAICEDO, B.; TRISTANCHO, J.; THOREL, L.; LEROUEIL, S.; **Experimental and analytical framework for modelling soil compaction**. Eng. Geol. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2014.03.014>. 2014.
- CRISPIM, F.A.; LIMA, D.C.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SILVA, C.H. de C.; Carvalho, C.A.B.; BARBOSA, P.S. de A.; Brandão, E.H.; **The influence of laboratory compaction methods on soil structure: Mechanical and micromorphological analyses**. Soils and Rocks. 2011.
- DORIS ASMANI, M.Y.; HAFEZ, M.A.; NURBAYA, S.; **Static laboratory compaction method**. Electron. J. Geotech. Eng. 2011.
- DORIS ASMANI, M.Y.; HAFEZ, M.A.; SHAKRI, M.S. **Comparison between static and dynamic compaction for California Bearing Ratio (CBR)**. Electron. J. Geotech. Eng. 2013.
- EKWUE, E., I.; BIRCH, R.; CHEWITT, J. **Effect of dynamic and static methods of compaction on soil strength**. West Indian J. Eng. 37, 74–78. 2015.
- HAFEZ, M.A.; DORIS ASMANI, M.; NURBAYA, S.; **Comparison between static and dynamic laboratory compaction methods**. Electron. J. Geotech. Eng. <https://doi.org/10.22496/jeas.v1i1.111>. 2010.
- HANSON, G.J.; ROBINSON, K.M. **The influence of soil moisture and compaction on spillway erosion**. Am. Soc. Agric. Eng. 36, 1349–1352. 1993.
- HONG, Z.-S.; YIN, J.; CUI, Y.-J.; **Compression behaviour of reconstituted soils at high initial water contents**. Géotechnique. <https://doi.org/10.1680/geot.09.P.059>. 2010.
- ISLAM, T., KODIKARA, J. **Interpretation of the loading–wetting behaviour of compacted soils within the “MPK” framework. Part I: Static compaction**. Can. Geotech. J. <https://doi.org/10.1139/cgj-2014-0317>. 2015.
- KELL, T.R. **The influence of compaction method on fabric of compacted clay**. The University of Arizona. 1964.
- KENAI, S.; BAHAR, R.; BENAZZOUG, M.; **Experimental analysis of the effect of some compaction methods on mechanical properties and durability of cement stabilized soil**, in:

Journal of Materials Science. <https://doi.org/10.1007/s10853-006-0226-1>. 2006.

KURUCUK, N.; FREDLUND, D.; KODIKARA, J.; **Theoretical modelling of the compaction curve, in: Unsaturated Soils.** Advances in Geo-Engineering. <https://doi.org/10.1201/9780203884430.ch47>. 2008.

LIN, C.; HONG, Z.-S.; ZENG, L.-L.; CUI, Y.-J.; CAI, Y.-Q. **Compression behaviour of natural and reconstituted clays.** Géotechnique. <https://doi.org/10.1680/geot.10.P.046>. 2012.

MESBAH, A.; MOREL, J. C.; OLIVIER, M., **Comportement des sols fins argileux pendant un essai de compactage statique: détermination des paramètres pertinents.** Mater. Struct. 32, 687–694. 1999.

OTÁLVARO, I.F.; NETO, M.P.C.; CAICEDO, B., **Compressibility and microstructure of compacted laterites.** Transp. Geotech. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2015.09.005>. 2015.

RAGHAVAN, G.S. V., OHU, J.O. **Prediction of static equivalent pressure of proctor compaction blows.** Am. Soc. Agric. Eng. 1398–1400. 1985.

RAMAVATH, P.; BISWAS, P.; SURESH BABU, P.; LAXMINARAYANA, P.; JOHNSON, R.; **Compaction curves: A tool for qualitative evaluation of quasi-static compaction behavior of ceramic powders.** J. Aust. Ceram. Soc. 2015.

REDDY, B.V.V.; JAGADISH, K.S. **The static compaction of soils.** Géotechnique 43, 337–341. <https://doi.org/10.1680/geot.1993.43.2.337>. 1993.

SEED, H.B. **Stability and swell pressure characteristics of compacted clays,** in: Milligan, O.W. (Ed.), Clays and Clay Minerals. National Academy of Sciences, Washington, pp. 483–504. 1955.

SHARMA, B., SRIDHARAN, A., TALUKDAR, P., **Static method to determine compaction characteristics of fine-grained soils.** Geotech. Test. J. <https://doi.org/10.1520/GTJ20150221>. 2016.

TARANTINO, A., COL, E., **Compaction behaviour of clay.** Géotechnique. <https://doi.org/10.1680/geot.2008.58.3.199>. 2008.

TIEN, Y.M., WU, P.L., CHUANG, W.S., WU, L.H., **Micromechanical model for compaction characteristics of bentonite-sand mixtures.** Appl. Clay Sci. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2003.12.020>. 2004.

YAGHOUBI, E., DISFANI, M.M., ARULRAJAH, A., KODIKARA, J., **Impact of compaction method on mechanical characteristics of unbound granular recycled materials.** Road Mater. Pavement Des. <https://doi.org/10.1080/14680629.2017.1283354>. 2017.

ZHANG, Z., TAO, M., TUMAY, M.T., **Absorbed energy and compacted cohesive soil performance.** Geotech. Test. J. 2005.

ZHAO, X., ZHOU, G., TIAN, Q. **Study on the shear strength of deep reconstituted soils.** Min. Sci. Technol. [https://doi.org/10.1016/S1674-5264\(09\)60076-4](https://doi.org/10.1016/S1674-5264(09)60076-4). 2009.

ZHEMCHUZHNIKOV, A., GHAVAMI, K., CASAGRANDE, M., **Static Compaction of Soils with Varying Clay Content.** Key Eng. Mater. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.668.238>. 2015.

FUNDAMENTANDO O ETNOCONHECIMENTO E AS DIRETRIZES DA EDUCAÇÃO DO CAMPO E DA EDUCAÇÃO QUILOMBOLA

Hugo Junio Ferreira de Sousa¹
Maria José de Pinho²

RESUMO

O presente artigo salienta uma discussão a partir de alguns recortes extraídos da pesquisa de mestrado vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, da Universidade Federal do Tocantins (PPGE/UFT). A intenção neste artigo é fomentar os conceitos do Etnoconhecimento e as diretrizes da Educação do Campo e, da Educação Quilombola. Assim, foi necessário fundamentar-se em bases teóricas por meio de estudiosos como: Miranda (2007), Nascimento (2013) e, de Rocha (2014); Arroyo, Caldart, Molina (1998), dentre outros. Assim, esse estudo ocorreu por uma abordagem qualitativa, sendo de natureza básica e foi possível por meio da pesquisa exploratória, descritiva e bibliográfica. Contudo, é possível fomentar uma discussão do Etnoconhecimento e os aspectos da Educação do Campo e da Educação Quilombola, além de tecer algumas considerações a respeito desses três conceitos abordados neste artigo. **Palavras-chave:** Etnoconhecimento; Educação do Campo; Educação Quilombola.

GROUNDING ETHNOKNOWLEDGE AND GUIDELINES FOR RURAL EDUCATION AND QUILOMBOLA EDUCATION

ABSTRACT

This article highlights a discussion based on some excerpts extracted from the master's research linked to the Graduate Program in Education at the Federal University of Tocantins (PPGE/UFT). The intention of this article is to foster the concepts of Ethnoknowledge and the guidelines of Rural Education and Quilombola Education. Thus, it was necessary to base it on theoretical bases through scholars such as: Miranda (2007), Nascimento (2013) and de Rocha (2014); Arroyo, Caldart, Molina (1998), among others. Thus, this study was carried out by a qualitative approach, being of a basic nature and was possible through exploratory, descriptive and bibliographic research. However, it is possible to foster a discussion of Ethnoknowledge and the aspects of Rural Education and Quilombola Education, in addition to making some considerations about these three concepts addressed in this article.

Keywords: Ethnoknowledge; Rural Education; Quilombola Education.

Recebido em 24 de julho de 2023. Aprovado em 21 de novembro de 2023

¹ Mestre em Educação – UFT, Especialista em Docência do Ensino Superior – FISIG, Licenciado em Pedagogia – UFT. Professor no curso de pedagogia da Universidade Federal do Tocantins, Câmpus Arraias), hugosousa@uft.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/6757257502004460>

² Pós – Doutora em Educação – Algarve Portugal, Doutora em Educação e Currículo – Pontifca Católica de São Paulo, Mestre em Educação – UFP, Graduada em História, Graduada em Pedagogia. Professora Titular no curso de Jornalismo – UFT, no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Linguística e Literatura (Mestrado e Doutorado) - UFT e, no Programa de Pós-Graduação em Educação (Mestrado) – UFT. mjpgon@uft.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/7113857811427432>

INTRODUÇÃO

Esse artigo apresenta fragmentos de uma pesquisa vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, da Universidade Federal do Tocantins (PPGE/UFT). Nesse sentido, buscou-se fomentar um diálogo interativo relacionando os conceitos do Etnoconhecimento e diretrizes da Educação do Campo e da Educação Quilombola.

Ante os exposto, o objetivo desse artigo é abordar os conceitos do Etnoconhecimento e as diretrizes que regem a Educação do Campo e a Educação Quilombola. Sendo assim, como objetivos específicos foi necessário fomentar os referidos conceitos, seus fundamentos, seus marcos históricos e legais.

Para compreensão inicial, fundamenta-se que no contexto geral, a educação formal por muitos anos foi um privilégio das classes dominantes, pois, aos menos favorecidos eram pensadas apenas na formação de mão de obra para atender as perspectivas do capitalismo predominante. Assim, seguiu-se por anos, e desde então, gradualmente, a educação vem sendo pensada e objetivada no acesso de direito a todas e todos.

Por essa razão, há uma determinação de grupos de movimentos sociais em busca de uma educação de direito a todas e todos. Ressalta-se, a luta desses grupos por uma educação pensada no todo, nas suas adversidades, territorialidades, culturas e crenças, a qual cidadãs e cidadãos são pertencentes, de modo a garantir o seu aprendizado em seus espaços de convivência social e ancestral. Nesse sentido, surge a educação pensada em povos originários de comunidades populares, campesinas, como uma modalidade de ensino proveniente dessas lutas idealizadas por grupos de movimentos sociais.

Por essa abordagem inicial, destaca-se a metodologia utilizada na elaboração desse artigo. Optou-se pela abordagem qualitativa, pois como esclarece Goldenberg, “não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc.” (GOLDENBERG, 1997, p.34). Apresenta característica da natureza básica, ao objetivar gerar conhecimentos novos, úteis para o avanço da ciência, sem aplicação prática prevista. Envolve verdades e interesses universais (GERHAEDT; SILVEIRA, 2009, p. 34).

Para alcançar os objetivos propostos, utilizaram-se como metodológicos os aspectos da pesquisa bibliográfica. Nesse sentido, Fonseca (2002) explica que a pesquisa bibliográfica:

É feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem, porém, pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas para recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta (FONSECA, 2002, p. 32).

Sendo assim, a pesquisa bibliográfica possibilita ao pesquisador conhecer o que já foi estudado sobre o assunto em questão, pois para Fonseca (2002), toda pesquisa inicia-se com um estudo bibliográfico, isso justifica-se toda a construção teórica de um trabalho científico.

Contextualizando o conceito de Etnoconhecimento

Para melhor compreensão desse estudo, faz-se necessário uma apresentação dos aspectos do Etnoconhecimento e sua relação com o processo de formação de estudantes do campo. Logo, o Etnoconhecimento está relacionado à realidade social de diferentes grupos e/ou comunidades, que por sua vez, à oralidade é uma forma de transmissão de saberes, compartilhados em coletivo.

Nessa perspectiva, conforme os estudos de Nascimento (2013), o Etnoconhecimento são os saberes, tradições (cultura) passadas de geração a geração nas comunidades tradicionais, aprendidos com a vida cotidiana e a interação direta com o meio em que vive e seus fenômenos naturais.

Por sua vez, os saberes populares, são considerados aqueles que as pessoas possuem acumulados por toda a sua vida e, Lakatos e Marconi (2003, p.75) definem o saber popular como aquele “transmitido de geração em geração por meio da educação informal e baseado em imitação e experiência pessoal”.

Nesse contexto, de acordo com estudos de Miranda,

“conhecimentos tradicionais” ou “etnoconhecimentos” são aqueles conhecimentos produzidos por povos indígenas, afrodescendentes e comunidades locais de etnias específicas transmitidos de geração em geração, ordinariamente de maneira oral e desenvolvidos à margem do sistema social formal (MIRANDA, 2007, p. 2).

Sendo assim, os conhecimentos tradicionais, chamados também de Etnoconhecimento, são, portanto, os saberes passados de geração a geração, e assim, compreende-se que esses saberes estão relacionados aos aspectos culturais de um grupo ou popularmente também chamado de povos ou comunidades.

Para Miranda,

são conhecimentos dinâmicos que se encontram em constante processo de adaptação, com base numa estrutura sólida de valores, formas de vida e crenças míticas, profundamente enraizados na vida cotidiana dos povos. Podendo, então, considerar etnoconhecimento o conhecimento produzido por diferentes etnias em diferentes locais no globo terrestre a partir do saber popular (MIRANDA, 2007, p.2).

Desse modo, o saber tradicional, é compreendido por valores que estão “enraizados” na vida cotidiana dos povos, sendo assim, estão relacionadas às experiências vividas por seus anciões, guardadas em suas memórias, sendo repassados em diversas gerações a seu povo.

Ainda de acordo com Miranda (2007),

a organização do Etnoconhecimento deve ser realizada por meio de sistemas de organização dos conhecimentos colaborativos construídos por metodologia participativa, promovendo uma nova ética para a representação do conhecimento de grupos em desvantagem (MIRANDA, 2007, p. 1).

É pertinente a participação ativa de estudiosas e estudiosos da área, professoras e professores e, da sociedade na totalidade nesses espaços, uma vez que as discussões estão relacionadas aos saberes populares em comunidades tradicionais em diferentes perspectivas. O Etnoconhecimento, chamado por Miranda (2007) de “Nova Ética”,

esclarece que seria uma forma de representar o conhecimento de grupos em desvantagens. Pois ainda, de acordo a este autor, são as desvantagens que envolvem esses grupos tradicionais, ao estarem ligados aos seus contextos sociais, culturais, políticos e da diversidade existentes em seus espaços.

Compreendendo um pouco mais,

Etnoconhecimento é aqui compreendido no sentido de experiências e saberes acumulados por um grupo humano sobre seus recursos naturais e transmitidos de forma dinâmica, mutável e transgeracional, podendo passar por transformações e adaptações ao longo do tempo, de acordo com uma gama de conjecturas e interesses envolvidos (ROCHA, 2014).

Ainda de acordo com Rocha (2014), o Etnoconhecimento imanente a esses atores locais devem ser reconhecido e valorizado por meio de novas formas de apoio à comunidade. Com base nesta compreensão conceitual, o Etnoconhecimento tem sua importância na valorização dos saberes populares de povos tradicionais, bem como, no modo de vida de uma população campesina que ultrapassa gerações.

De acordo com Costa (2008), os conhecimentos populares, são empíricos, é uma ferramenta cognitiva considerada importante, já que estão ligadas intimamente ao mundo vivido por estudantes em suas comunidades tradicionais. Ainda de acordo com este autor, sua valorização deve ser estimulada à medida que pode facilitar sua percepção de familiaridade com os conhecimentos curriculares científicos, criando, assim, um vínculo entre a realidade de estudantes do campo e o que lhe é apresentado cientificamente em sala de aula.

Bastos (2013) defende que, as diferentes populações humanas apresentam um arsenal de conhecimentos sobre o ambiente em que vive. Propriedades terapêuticas e medicinais de animais e plantas, a percepção dos fenômenos naturais, como as estações do ano, tempo para plantar e colher, classificação de animais e plantas, organização de calendários, dicionários, sazonalidade de animais e sua relação com aspectos da natureza são organizações que formam um cabedal de saberes que são comumente chamados de conhecimentos tradicionais (BASTOS, p. 6195).

Já para Landínez Torres (2011), se tratando do Etnoconhecimento deve ser compreendido como um acervo de saberes, muitas vezes extensos e não valoráveis, com que contam as comunidades tradicionais. Assim, há uma interpretação no qual o saber de uma comunidade, de uma geração, de uma localidade, é, por si só, um acervo de saberes, e que muitas vezes, aos depoimentos dos que vivem nesses espaços, são ignorados, imperceptíveis aos olhos daqueles que ignoram os chamados “saberes informais”.

Moreira (2007), discute que a (re)produção do Etnoconhecimento possui múltiplas dimensões que trazem destaques e pontos de vista distintos, e sustenta uma correlação entre a vida econômica e a vida social do grupo, ou seja, é o Etnoconhecimento o elemento essencial para manutenção do modo de vida mantido por essas populações por gerações. Conforme este entendimento, o Etnoconhecimento está diretamente relacionado com o modo de vida de populações em qualquer âmbito, perpassado por gerações ao longo dos anos.

Nesse sentido, Amorozo (2007) afirma que o Etnoconhecimento é um tipo de aprendizado que começa cedo, quando as crianças acompanham adultos e tomam parte na tarefa cotidiana e uma vez aprendido, dificilmente esquecem ou deixam de exercer, mesmo que, de forma dinâmica, como qualquer outra forma de conhecimento, sofram transformações.

Nesses contextos, atenta-se que saberes populares podem ser confundidos com o senso comum, mas Chassot (2011) os diferencia, pois para o autor, o senso comum está

disseminado em todo tecido social, enquanto os saberes populares são aqueles associados às práticas cotidianas das classes destituídas de capital cultural e econômico (CHASSOT, 2011). Ou seja, saberes populares são vivências de uns com os outros, contadas ordinariamente de maneira oral, são saberes, tradições, culturas, transmitidas de geração em geração.

Dessa maneira, após uma abordagem do que seja o Etnoconhecimento, salientamos a seguir os aspectos consideráveis quanto aos contextos históricos da Educação do Campo. Neste contexto, é pertinente a narração histórica do marco inicial de políticas públicas em prol da educação voltada para o povo do campo.

Fundamentos e diretrizes da educação do campo

É interessante que em meio as discussões relacionadas a educação em escolas situadas em áreas rurais, que façamos uma breve compreensão quanto as termologias: Educação no Campo e Educação do Campo, uma vez que, embora possuam uma relação direta entre esses dois termos, possuem características e compreensões diferentes.

Iniciamos a compreensão do que venha ser a Educação no Campo. Fundamenta-se que,

Se entendermos que o processo educacional deve ocorrer no local onde as pessoas residem, devemos falar de uma educação no campo e aí, não haveria a necessidade de se pensar em uma educação específica para o campo, dado que os conhecimentos produzidos pela humanidade devem ser disponibilizados para toda a sociedade (NETO, 2010, p. 152).

Compreende-se pelos estudos deste autor que a termologia “Educação no Campo” defende que o processo de formação de estudantes de uma determinada comunidade rural ocorra em sua própria localidade. Sendo este processo de formação idealizada a partir da realidade vivenciada por essa população rural.

Nesta compreensão, Paulo Freire (2019) salienta que a educação é um ato político e transformador, que deve contribuir para a formação de indivíduos críticos e conscientes de sua realidade (FREIRE, 2019). As ideias de Freire, defendem que o processo educacional deveria ser pautado pelo diálogo e pela participação ativa dos alunos, que devem ser sujeitos de sua própria aprendizagem.

Por outro lado, Vygotsky (1984) defende que, a educação deve ser entendida como um processo social e cultural, que se dá por meio da interação entre os sujeitos e o meio em que estão inseridos (VYGOTSKY, 1984). Para este teórico, o desenvolvimento cognitivo ocorre a partir da relação entre o sujeito e o objeto do conhecimento.

Sendo assim, de acordo com Geraldo Augusto Pinheiro (2004), a Educação no Campo, ocorre no ambiente das populações que vivem em áreas rurais, com uma abordagem pedagógica pensada para as particularidades dessas regiões e de sua população. Sendo argumentada ainda por este autor que a Educação no Campo deve ser uma forma de empoderar as comunidades rurais, contribuindo para a formação de uma consciência crítica sobre a realidade vivida e auxiliando a transformá-la em uma realidade mais justa e igualitária (PINHEIRO, 2004). Neste aspecto, compreende que o processo educativo no campo é também uma ferramenta para a promoção do desenvolvimento sustentável e da cidadania.

Passamos então a compreensão da Educação do Campo. Essa termologia discute as políticas públicas promulgadas para o desenvolvimento educação em comunidades rurais, ou seja, do campo. Conforme esclarecimento de Neto (2010):

Partindo deste pressuposto, teríamos que considerar a possibilidade de uma educação para os assentados por programas de reforma agrária, outra para imigrantes, outra para remanescentes de quilombolas e tantas outras quantas são as diferentes realidades do campo (NETO, 2010, p. 152).

Nessa perspectiva surge a necessidade de pensar e estabelecer políticas públicas que atendam diretrizes de uma educação voltadas para o campo. Indo ao encontro ao pensamento de Silva (2006) que compreende que deve ser uma abordagem voltada para o atendimento das necessidades específicas desses sujeitos do campo.

Ainda conforme Silva (2006), a Educação do Campo deve ser compreendida para além da escola, é um processo que envolve toda a comunidade e sua aprendizagem que valorize as tradições, as práticas e os conhecimentos locais, sendo reconhecidos os saberes e fazeres do povo do campo. Nesse sentido, a Educação do Campo é compreendida como uma política pública que visa reconhecer as diversidades e particularidades das comunidades rurais, contribuindo para a construção de uma identidade camponesa mais forte e valorizada.

Após essas compreensões, a Educação no Campo e a Educação do Campo, são conceitos complementares, mutualmente, pois, segundo Saviani (2006), o ensino no campo (Educação no Campo), deve ser vista como um processo que valorize a realidade e a cultura das comunidades rurais, intentando compreendê-las e transformá-las.

Já a Educação do Campo, deve ser entendido como um processo que contribua para a emancipação dos sujeitos do campo, permitindo que eles sejam protagonistas de suas próprias histórias e capazes de transformar a realidade em que vivem (SAVIANI, 2006). Sendo pensada em políticas públicas que atendam as especificidades do ensino no campo.

Dadas essas compreensões e reflexões quanto aos conceitos da Educação no Campo e da Educação do Campo, passamos a conhecer o contexto histórico das lutas e conquistas “Por uma Educação do Campo”. Neste caso, é apresentado nos parágrafos a seguir, um recorte do marco histórico que foi esse movimento, reverberando em políticas públicas de atenção às escolas do campo.

Em meados da década de 1990, por meio de lutas e vivências de movimentos sociais, nascia as discussões pautadas diante dos contextos de lutas por uma educação pensada para a população que vivem em área rural, autodenominado “Por uma Educação do Campo”, em que as bases epistemológicas discutiam e defendia a concepção de vida a partir de suas realidades.

Nesse contexto de discussão, nascia o “**1º Encontro Nacional de Educadoras e Educadores da Reforma Agrária - ENERA**”, ocorrido em Brasília, em julho de 1997, realizado por Educadoras e Educadores da Reforma Agrária ao Povo Brasileiro, com apoio do Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) e da Universidade de Brasília (UnB). Foi neste evento que ficou estabelecido em documento final o que iria reger o ensino da educação do campo no Brasil, podendo considerar-se como marco histórico desde o seu nascimento,

É nesse 1º ENERA (1997) que nasce a “**1ª Conferência Nacional por uma Educação Básica do Campo**”, tendo sua edição de estreia realizada em julho de 1998, na cidade de Luziânia (GO). Este evento foi organizado pelo Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), tendo como parceiro a UNB, o UNICEF, a Conferência Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB), e da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO (ARROYO; CALDART; MOLINA, 1998).

Destaca-se que na I Conferência Nacional por uma Educação Básica do Campo (1998), em que discussões foram pautadas em políticas públicas de direito a povos de comunidades tradicionais localizadas em ambientes rurais, discutia-se, então, uma política de educação para a população que vive em áreas rurais. Entende-se nesse processo de construção do que venha ser essa modalidade de ensino, as perspectivas de povos originários do campo, uma vez que, deve ser estruturada conforme a sua realidade e seus conhecimentos locais.

Molina (2004) discorre que,

[...] a Educação do Campo assume sua particularidade, sendo o vínculo com sujeitos sociais concretos, e com um recorte específico de classe, mas sem deixar de considerar a universalidade: (durante e depois) de tudo ela é educação, formação de seres humanos. Ou seja, a Educação do Campo faz o diálogo com a teoria pedagógica desde a realidade particular dos camponeses, ou mais amplamente da classe trabalhadora do campo, e de suas lutas [...] (MOLINA, 2004, p. 17 – 18).

Assim, a Educação do Campo deve ser pensada a partir da realidade camponesa, uma vez que, na formação de estudantes que habitam no ambiente rural, devem ser considerados os conhecimentos de seus ancestrais, atrelado aos conhecimentos formais, científicos. Portanto, se tratando da Educação do Campo, não deve ser ignorado às vivências e experiências de seus povos, e sim, pensado na articulação de saberes, ou seja, no compartilhamento do conhecimento.

De acordo com Munarim (2008, p. 3), a Conferência Nacional por uma Educação Básica do Campo não foi um evento isolado, mas “[...] um ‘momento’ processual amplo de articulação política e elaboração de ideias [...]”, tendo sido precedida de intensos debates preparatórios, nos seminários estaduais e resultando em diversos desdobramentos. Isso reforça o quão rico este evento se tornou, saindo de um espaço fechado e alcançando outros espaços de debates, resultando em avanços nas políticas públicas para a educação do campo.

Um desses avanços está na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/96), que em seu artigo 28, estabelece que:

Na oferta da educação básica para a população rural, os sistemas de ensino proverão as adaptações necessárias à sua adequação, às peculiaridades da vida rural e de cada região, especialmente:

- I - conteúdos curriculares e metodologias apropriadas às reais necessidades e interesses dos alunos da zona rural;
- II - organização escolar própria, incluindo a adequação do calendário escolar às fases do ciclo agrícola e às condições climáticas;
- III - adequação à natureza do trabalho na zona rural.

Parágrafo único. O fechamento de escolas do campo, indígenas e quilombolas será precedido de manifestação do órgão normativo do respectivo sistema de ensino, que considerará a justificativa apresentada pela Secretaria de Educação, a análise do diagnóstico do impacto da ação e a manifestação da comunidade escolar (BRASIL, 1996).

Assim, com o surgimento da LDB - Lei 9.394/96 (Art. 28) foi possível o reconhecimento do ensino da educação do campo no Brasil, e com ela, a responsabilidade das escolas quanto ao calendário escolar, condições climáticas, entretanto, a diversidade

de sua região, bem como, a integração dos saberes populares, sócios culturais, religiosos e familiares do campo em seus conteúdos curriculares, em que esses saberes contribuem para a qualidade da educação do campo.

Nesse sentido, por meio de lutas de movimentos sociais, surgem três conquistas importantes para este modelo de educação, apresentados a seguir por Guhur e Silva (2009, p. 136 – 138):

I. PROGRAMA NACIONAL DE EDUCAÇÃO NA REFORMA AGRÁRIA (PRONERA). Nasceu a partir das discussões durante o 1º Eneer entre os movimentos sociais e as universidades, Roteiro, Joaçaba, v. 34, n. 2, p. 129 – 144, jul./dez. 2009 137 Educação do campo: primeiras aproximações em 1997, criado, oficialmente, em abril de 1998 pela Portaria 10/98, do então existente Ministério Extraordinário de Política Fundiária. “O Pronera é o executor das práticas e das reflexões teóricas da Educação do Campo (no âmbito do INCRA).”

II. DIRETRIZES OPERACIONAIS PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA NAS ESCOLAS DO CAMPO. Criadas por Resolução do Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Básica (Resolução CNE/CEB n. 01/2002), a partir do Parecer CNE/ CEB n. 36/2001, onde se destinam a adequar o projeto institucional das escolas do campo às Diretrizes Curriculares Nacionais, nas diversas modalidades existentes (Educação Básica e Profissional de Nível Técnico).

III. A ESCOLA ITINERANTE. É aquela que “[...] acompanha o itinerário do acampamento até o momento em que as famílias acampadas chegam à conquista da terra, ao assentamento.” Ela surgiu da necessidade de garantir às crianças dos acampamentos o direito à escolarização.

Arroyo, Caldart e Molina (1998), afirmam que “Educação do Campo tem compromisso com a vida, com a luta e com o movimento social que está buscando construir um espaço onde possamos viver com dignidade (ARROYO; CALDART; MOLINA, 1998, p. 161).”

Para estes autores,

a Escola, ao assumir a caminhada do povo do campo, ajuda a interpretar os processos educativos que acontecem fora dela e contribui para a inserção de educadoras/educadores e educandas/educandos na transformação da sociedade (ARROYO; CALDART; MOLINA, 1998, p. 161).

Ainda conforme os autores,

a Escola é um dos espaços para antecipar, pela vivência e pela correção fraterna, as relações humanas que cultivem a cooperação, a solidariedade, o sentido de justiça e o zelo pela natureza (ARROYO; CALDART; MOLINA, 1998, p. 162).”

Ou seja, é no espaço escolar que estudantes por meio de suas vivências aprendem a se relacionarem com o próximo, cultivam as ações de bem ao outro, seja no convívio

familiar, social e cultural. E assim, passamos a compreender melhor alguns aspectos da Educação do Campo.

Para Caldart (2003), a Educação do Campo é a educação formal oferecida à população do campo. Explica que,

Trabalhamos por uma identidade própria das escolas do meio rural, com um projeto político-pedagógico que fortaleça novas formas de desenvolvimento no campo, baseadas na justiça social, na cooperação agrícola, no respeito ao meio ambiente e na valorização da cultura camponesa (CALDART, 2003, p. 81).

Pontuado por Caldart (2003), no PPP-Projeto Político Pedagógico das escolas do campo, devem apresentar novas formas de desenvolvimento para o campo. Sendo assim, o educar nesses espaços, trata-se de meios e técnicas educativas, que seja trabalhada a identidade local, junto ao fortalecimento do desenvolvimento do campo, valorizando assim, a sua cultura, tradições e crenças e dos saberes locais da comunidade.

Caldart (2004) explica ainda que,

A Educação do Campo assume sua particularidade, a qual é o vínculo com sujeitos sociais concretos, e com um recorte específico de classe, mas sem deixar de considerar a dimensão da universalidade: antes (durante e depois) de tudo ela é educação, formação de seres humanos. Ou seja, a Educação do Campo faz o diálogo com a teoria pedagógica desde a realidade particular dos camponeses, mas preocupada com a educação do conjunto da população trabalhadora do campo e, mais amplamente, com a formação humana. E, sobretudo, trata de construir uma educação do povo do campo e não apenas com ele, nem muito menos para ele (CALDART, 2004, p. 3).

De acordo à autora, a população do campo deve ter em seus ensinamentos as evidências de sua comunidade, de seu povo, suas culturas e tradições, trata-se de suas origens, historicidade de lutas e sobrevivência. No entanto, deve-se proporcionar a essa população a universalização de conhecimentos, sendo compartilhado suas vivências e experiências entre seu povo, é partilhar o saber entre seus povos e para além dos que ali residem, no propósito de apresentar os seus saberes a outras comunidades campesinas e também à população urbana.

É relevante destacar que alguns princípios políticos e pedagógicos do PRONERA, apresentados por Ghedin (2012, p.321), são eles:

- **Inclusão:** indicação de demandas educativas, a forma de participação e gestão, cujos projetos devem ampliar o acesso à Educação como direito social para a construção da cidadania.
- **Participação:** a indicação das demandas educativas é feita pelas comunidades das áreas de reforma agrária que, os parceiros, tomam as decisões e acompanham a execução dos projetos.
- **Interação:** são as ações realizadas com as diversas parcerias, órgãos governamentais, instituições públicas de ensino e movimentos sociais nos quais os sujeitos, por meio da educação continuada, da profissionalização do campo, estabelecem uma permanente relação entre si.

- **Multiplicação:** é a ampliação não só do número de pessoas alfabetizadas e formadas em diferentes níveis de ensino, mas também do número de educadores e de técnicos nas áreas de reforma agrária.

Assim, Ghedin destaca que o programa pretende,

[...] fortalecer a Educação nas áreas de assentamento da reforma agrária, estimulando, propondo, criando, desenvolvendo e condenando projetos educacionais, utilizando metodologias voltadas para a especificidade do campo, tendo em vista contribuir para a promoção do desenvolvimento sustentável (GHEDIN, 2012, p. 322).

E, a partir da criação do PRONERA, os avanços foram muito significativos, pois ele,

- Considera a diversidade cultural de cada região e a organização política, econômica e social de cada assentamento, contribuindo para fortalecer parcerias em regime de coparticipação, nas diversas fases do desenvolvimento dos projetos;
- Propõe e estimula a participação de diferentes sujeitos sociais como protagonistas das práticas educativas;
- Colocou no âmbito do Estado a importância de implementação de políticas de educação articuladas com outras políticas de saúde, do meio ambiente, do trabalho, da cultura, entre outros; [e],
- Inseriu a Educação do Campo na agenda política de alguns Estados (GHEDIN, 2012, p. 323).

Portanto, o fundamento do PRONERA se baseia na formação humana como condição e possibilidade de que as e os estudantes sejam autores da sua própria história. O PRONERA visa atender os jovens e adultos que vivem em assentamentos, em comunidades quilombolas, que por sua vez são reconhecidos pelo INCRA (*Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária*), *são profissionais da educação que exerçam atividades que atendam às famílias beneficiárias, além das pessoas atendidas pelo [Programa Nacional de Crédito Fundiário \(PNCF\)](#).*

Como políticas educativas direcionadas as pessoas do campo, surge também o Programa de Apoio à Formação Superior em Licenciatura em Educação do Campo (PROCAMPO) que apoia a implementação de cursos regulares de licenciatura em educação do campo nas instituições públicas de ensino superior de todo o país, voltados especificamente para a formação de educadores para a docência nos anos finais do ensino fundamental e ensino médio nas escolas rurais (BRASIL, 2009).

O PROCAMPO foi criado em 2007, por meio do Ministério da Educação, com a iniciativa da então Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade (Secad). Surge por meio de parcerias com as Instituições Públicas de Ensino Superior, viabilizando a criação das Licenciaturas em Educação do Campo, a fim de promover a formação de professores da educação básica para lecionarem nas escolas localizadas em áreas rurais (BRASIL, 2009).

Fica estabelecido na Resolução/CD/FNDE n.º 06 DE 17 DE MARÇO DE 2009, no inciso I do Art. 1º,

§1º Os projetos educacionais a que se refere o caput desse artigo são aqueles, particularmente, voltados à oferta de cursos de formação inicial ou continuada de professores indígenas, professores de educação do campo e professores afro-descendentes ou que atuem na educação para as relações étnico-raciais, no âmbito da educação básica. (BRASIL, 2009).

Outro importante programa é o Pronacampo - Programa Nacional de Educação do Campo. Vinculado ao Ministério da Educação. Previsto pelo Decreto n.º 7.352 e instituído por meio da Portaria 86, de 1º de fevereiro de 2013, com o propósito de oferecer apoio financeiro e técnico para viabilização de políticas para a Educação do Campo.

Considera-se o Pronacampo, um:

Conjunto de ações articuladas que asseguram a melhoria do ensino nas redes existentes, bem como, a formação dos professores, produção de material didático específico, acesso e recuperação da infraestrutura e qualidade na educação do campo em todas as etapas e modalidades. (PRONACAMPO/MEC, 2012).

Assim, o Pronacampo visa oferecer apoio técnico e financeiro aos estados, Distrito Federal e municípios para implementação da política de educação do campo. Oriundo da mobilização das organizações e movimentos sociais, esta política pública evidencia que a luta pela educação do campo e pela reforma agrária transcende à luta pela terra, uma vez que compreende a ocupação de outros espaços (PRONACAMPO/MEC, 2012).

É imprescindível discutir Educação do Campo sem fazer menção a Educação Quilombola, uma vez, que ambas estão correlacionadas por suas diretrizes e relevância aos conhecimentos e vivências de populações remanescentes do campo e de comunidades, entre elas, quilombolas. Assim, passamos a compreensão de conceitos que versam a Educação Quilombola.

Diretrizes da Educação Quilombola

Quando se fala em quilombo, compreende-se inicialmente que são descendentes de negros escravizados e vivem em comunidades localizadas no campo, cultivam a terra e mantêm viva as tradições deixadas por seus antepassados. Para melhor compreensão desse conceito, iniciamos nossa discussão com um trecho da Proposta Pedagógica do Ministério da Educação para a Educação Quilombola:

Quilombo derivaria de kilombo, sociedade iniciática de jovens guerreiros mbundu, adotada pelos invasores jaga (ou imbangala), formados por gente de vários grupos étnicos desenraizada de suas comunidades. Esta matriz histórica dos quilombos foi retomada para se referir às comunidades rurais negras no Brasil. O conceito de quilombo tem sido objeto de reflexão histórica e política desde os anos 70. O movimento negro contribuiu significativamente para ressaltar a importância do estudo dos quilombos na história. Reificou o conceito, considerando agrupamentos quilombolas como nichos culturais autônomos, pedaços da África no Brasil. (MOURA, 2007, p. 11).

Essa mesma autora, esclarece que,

Quilombos contemporâneos são comunidades negras rurais habitadas por descendentes de escravos que mantêm laços de parentesco. A maioria vive de culturas de subsistência em terra doada/comprada/secularmente ocupada. Seus moradores valorizam tradições culturais dos antepassados, religiosas (ou não), recriando-as. Possuem história comum, normas de pertencimento explícitas, consciência de sua identidade étnica. (MOURA, 2007, p. 10).

A autora faz um recorte histórico das primeiras compreensões quanto ao conceito de quilombo a partir dos anos 70, com o intuito de nos apresentar este mesmo conceito na atualidade, caracterizados por ela de “quilombos contemporâneos”. Antes, considerados apenas por pessoas de vários grupos étnicos, para a compreensão de grupos formados em comunidades negras rurais, habitadas por descendentes de escravos que mantêm laços de parentescos.

Nos estudos de Arruti (2017), pois,

a primeira definição de quilombo, no Brasil, dá-se no corpo das legislações colonial e imperial, sob uma forma calculadamente vaga e ampla, que permitia que uma mesma norma de caráter repressivo abarcasse o maior número de situações de interesse. Na Colônia, bastava que cinco escravos fugidos se reunissem, ocupassem ranchos permanentes e possuíssem um pilão para caracterizar a formação de um quilombo. No Império, porém, esses critérios ficaram ainda mais largos, de forma que a reunião de três escravos fugidos, mesmo que não formassem ranchos permanentes, poderia ser considerado um quilombo. (ARRUTI, 2017, p. 109).

Conforme o autor, observa-se que os quilombos se formavam na medida que os negros escravizados fugiam das fazendas para viverem livres em partes isoladas das matas, assim foram se formando as comunidades quilombolas que ao longo dos últimos tempos no Brasil, são mapeadas e reconhecidas pela Fundação Cultural Palmares.

Compreendendo o conceito de Educação Quilombola, é necessário que façamos uma referência à Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei n.º 9.394/1996), que direciona para uma reforma educacional, isso porque é apresentada por ela a compreensão de uma abordagem da cultura na escola e da escola, sendo destacado a “formação do povo brasileiro”, uma vez que, “o ensino da História do Brasil deve considerar as contribuições das diferentes culturas e etnias para a formação do povo brasileiro, especialmente das matrizes indígena, africana e europeia” (BRASIL, 1996).

Por estarem localizadas no campo, há a necessidade de ter uma educação voltada para quilombolas. Nesse sentido, de acordo com Botelho:

No campo das políticas públicas educacionais, contamos com dois marcos legais importantes para a inclusão da população negra e, principalmente, a sua permanência no sistema educacional brasileiro: o Artigo 26 da Lei de Diretrizes Bases da Educação Nacional (LDB), que estabelece a obrigatoriedade do ensino de História e Cultura Afro-Brasileira na Educação Básica; e a Resolução CNE n. 01/2004, que instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação das Relações Étnico-Raciais e para o Ensino de História e Cultura Afro-Brasileira e Africana. (BOTELHO, 2007, p. 34)

Com base nesse fragmento, percebe-se que a partir das políticas públicas e de algumas leis, o governo brasileiro a partir de 2003 teve um novo olhar sobre a educação quilombola no país. “Desde 2003, a Lei n. 10.639/2003, que altera a LDB estabelecendo a obrigatoriedade do ensino de História e Cultura Afro-brasileira na Educação Básica, permite uma ação mais contundente para valorização da cultura negra brasileira e africana.” (BOTELHO, 2007, p. 38). Assim, a partir dessas novas leis, as especificidades da cultura negra e quilombola podem ser trabalhadas em sala de aula, valorizando os direitos, princípios, saberes e fazeres desse povo.

Nos estudos de Arruti (2017) apresenta a seguinte reflexão:

Uma referência explícita às comunidades quilombolas, porém, só constaria no texto das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação das Relações Étnico-Raciais e para o Ensino de História e Cultura Afro-Brasileira e Africana (BRASIL, 2004). Porém, nesse caso, as Diretrizes concebiam as comunidades negras mais como objeto de interesse do que como público específico. A inflexão final só ocorreria em 2006, quando da publicação, pela SECAD, do Guia de orientações e ações para implementação da Lei 10.639/2003, no qual a educação quilombola consta, finalmente, como um item específico, relativo tanto às escolas situadas em áreas de remanescentes de quilombos, quanto às escolas que atendem quilombolas (ARRUTI, 2017, p. 115).

Ainda de acordo com Arruti (2017), só há dez anos após a publicação do Guia de orientações e ações para a implementação da Lei 10.639/2003, que dispõe sobre a alteração da LDB, visando estabelecer a obrigatoriedade do ensino de História e Cultura Afro-brasileira na Educação Básica, é que de fato se consolida uma lista com as principais ações para a educação em áreas de remanescentes de quilombos, sendo parte do Plano Nacional de Implementação das Diretrizes Curriculares nacionais para a Educação das Relações Étnico-raciais e para o Ensino de História e Cultura Afro-brasileira e Africana (BRASIL, 2013).

É o que podemos identificar em mais outro trecho.

Finalmente, em 2012, foram aprovadas pela Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Escolar Quilombola (MEC, 2012), que devem orientar os sistemas de ensino para que eles possam colocar em prática a Educação Escolar Quilombola em diálogo com a realidade sociocultural e política das comunidades e dos movimentos quilombolas. (ARRUTI, 2017, p. 117).

Segundo o autor, trata-se de mais uma conquista que prioriza a educação quilombola, a preparação do local e dos profissionais da educação. A partir dessa conquista, os sistemas de ensino receberam orientações para que em suas práticas pudessem lidar da melhor maneira com a comunidade e estudantes, tendo em vista sua realidade e seu saberes prévios.

Em 2001, em Brasília, na Conferência Nacional de Educação (CONAE), que teve como finalidade a discussão pautada na diversidade do campo como política educacional é estabelecida a inclusão da Educação Escolar Quilombola como modalidade da Educação Básica. Com isso, no Parecer CNE/CEB 07/2010 e na Resolução CNE/CEB 04/2010 que instituem as Diretrizes Curriculares Gerais para a Educação Básica, fundamentam-se que,

A Educação Escolar Quilombola é desenvolvida em unidades educacionais inscritas em suas terras e cultura, requerendo pedagogia própria em respeito à especificidade étnico-cultural de cada comunidade e formação específica de seu quadro docente, observados os princípios constitucionais, a base nacional comum e os princípios que orientam a Educação Básica brasileira. Na estruturação e no funcionamento das escolas quilombolas devem ser reconhecida e valorizada sua diversidade cultural (BRASIL, 2011, p.21).

Assim, definido pela CONAE (2010), a educação quilombola, de responsabilidade do governo federal, estadual e municipal, visa:

- a) Garantir a elaboração de uma legislação específica para a educação quilombola, com a participação do movimento negro quilombola, assegurando o direito à preservação de suas manifestações culturais e à sustentabilidade de seu território tradicional;
- b) Assegurar que a alimentação e a infraestrutura escolar quilombola respeitem a cultura alimentar do grupo, observando o cuidado com o meio ambiente e a geografia local;
- c) Promover a formação específica e diferenciada (inicial e continuada) aos/às profissionais das escolas quilombolas, propiciando a elaboração de materiais didáticos-pedagógicos contextualizados com a identidade étnico-racial do grupo;
- d) Garantir a participação de representantes quilombolas na composição dos conselhos referentes à educação, nos três entes federados;
- e) Instituir um programa específico de licenciatura para quilombolas, para garantir a valorização e a preservação cultural dessas comunidades étnicas;
- f) Garantir aos professores/as quilombolas a sua formação em serviço e, quando for o caso, concomitantemente com a sua própria escolarização;
- g) Instituir o Plano Nacional de Educação Quilombola, visando à valorização plena das culturas das comunidades quilombolas, a afirmação e manutenção de sua diversidade étnica;
- h) Assegurar que a atividade docente nas escolas quilombolas seja exercida preferencialmente por professores/as oriundos/as das comunidades quilombolas (BRASIL, 2011, p. 9).

Adiante, o Ministério da Educação, fundamentado pelo Parecer do Conselho Nacional de Educação e da Câmara de Educação Básica, CNE/CEB n.º16, de junho de 2012, conforme Resolução n.º 08, de 20 de novembro de 2012, resolve definir Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Escolar Quilombola na Educação Básica, assegurando alguns aspectos fundamentais para a educação quilombola nos estados brasileiros, estabelecendo em seus artigos políticas de fomento as tradições e demais

elementos que conformam o patrimônio cultural das comunidades quilombolas de todo o país, considerando a territorialidade.

No Artigo I da Resolução n.º 08 de 20 de novembro de 2012 é estabelecido que:

III - destina-se ao atendimento das populações quilombolas rurais e urbanas em suas mais variadas formas de produção cultural, social, política e econômica;

IV - deve ser ofertada por estabelecimentos de ensino localizados em comunidades reconhecidas pelos órgãos públicos responsáveis como quilombolas, rurais e urbanas, bem como por estabelecimentos de ensino próximos a essas comunidades e recebem parte significativa dos estudantes oriundos dos territórios quilombolas;

V - deve garantir aos estudantes o direito de se apropriar dos conhecimentos tradicionais e das suas formas de produção de modo a contribuir para o seu reconhecimento, valorização e continuidade;

VI - deve ser implementada como política pública educacional e estabelecer interface com a política já existente para os povos do campo e indígenas, reconhecidos os seus pontos de intersecção política, histórica, social, educacional e econômica, sem perder a especificidade.

Em seu Art. 2º Cabe à União, aos Estados, aos Municípios e aos sistemas de ensino garantir:

I) apoio técnico-pedagógico aos estudantes, professores e gestores em atuação nas escolas quilombolas;

II) recursos didáticos, pedagógicos, tecnológicos, culturais e literários que atendam às especificidades das comunidades quilombolas;

III) c) a construção de propostas de Educação Escolar Quilombola contextualizadas.

Assim, compreende-se como um marco histórico o direito a uma educação que contemple a especificidade quilombola na esfera nacional, “principalmente, a realidade sócio-histórica, política, econômica e cultural desse povo. Uma realidade invisibilizada ao longo da história da política educacional” (BRASIL, 2012, p. 13).

Nesse contexto, propiciar políticas públicas em educação que contemplem as populações camponesas é compreender que os estudantes do campo têm em suas vivências, saberes populares de sua comunidade, seus costumes, suas culturas, que desde cedo aprendem com seus familiares, ao ser na família que o e a estudante iniciam o seu processo de aprendizagem.

Compreendendo o papel da família na transmissão desses conhecimentos, Chauí (1993) descreve que,

É na família que se constitui um destino comum, que se elabora um saber sobre o espaço, o tempo, a memória, a transmissão de conhecimentos e de informações, que se compensa a pouca escolarização com outros aprendizados transmitidos oralmente e por contato direto (CHAUI, 1993, p.144).

Chauí (1993) enfatiza a importância da família para o saber do indivíduo, ao acreditar ser fundamental o saber em relação ao espaço, o tempo, a memória. Ainda conforme esta autora, essa transmissão de conhecimentos e de informações é uma compensação por pouca escolarização com outros aprendizados transmitidos por contato direto, ou seja, uma valorização do saber “informal” de povos do campo.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Etnoconhecimento, ou melhor dizendo, conhecimentos tradicionais, evidenciadas em comunidades populares, são fundamentais no âmbito da formação de estudantes inseridos nesses espaços, pois, estes conhecimentos naturalizados como informais, estão relacionados com o contexto histórico tradicional e cultural que envolve saberes, crenças e vivências de seus ancestrais, bem como, ao modo de vida e de sobrevivência de sujeitos do campo.

Logo, a Educação do Campo surge como uma regulamentação para fomentar o ensino no campo de acordo a realidade dos que ali vivem, sem a necessidade de saírem de suas localidades e de suas origens para terem direito a escolarização. Portanto, a Educação do Campo tem em suas diretrizes, propostas que atenda as populações do campo, fortalecendo a educação e a cultura local. No entanto, pontua-se que, esta modalidade de ensino precisa sair do campo teórico e prevalecer no campo da prática, tornando de fato uma educação pensada nas populações do campo, seguindo os propósitos e as regulamentações estabelecidas para este modelo de ensino.

Estima-se que [re]conhecer, respeitar, valorizar e preservar saberes de comunidades tradicionais é dever social, acadêmico, público, entre outros. Nesse sentido, esses fatores são necessários para compreender, por gerações, a historicidades de lutas de uma determinada comunidade, as relações entre o ser humano e o ambiente em que vive, a cultura, a crença e as tradições de populações tradicionais, e nesse propósito a escola tem um papel fundamental nesse processo, [re]conhecendo, respeitando, valorizando e, sobretudo, aprendendo com a comunidade local, por meio da oralidade desses povos que tiveram os seus conhecimentos adquiridos de geração em geração por seus anciãos.

Este artigo contribui para reflexões sobre os saberes de povos tradicionais, para o ensino e aprendizagem no campo e em comunidades quilombolas, e gerar apostes para pesquisas futuras, envolvendo os eixos temáticos aqui apresentados e discutidos. Com isso, os assuntos aqui discutidos podem ser usados em pesquisas futuras sobre o que as pessoas sabem em comunidades tradicionais.

REFERÊNCIAS

AMOROZO, Maria Christina de Mello. Traditional agriculture, enduring spaces and the joy of plantio. *In*: ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino de; CUNHA, Luiz Vital Fernandes Cruz da; LUCENA, Reinaldo Farias Paiva de; ALVES, Rômulo Romeu Nóbrega (Eds.). **Actualities in ethnobiology and ethnoecology**. Recife: Sociedade Brasileira de Etnobiologia e Etnoecologia; SBEE, 2007.

ARROYO, Miguel Gonzalez; CALDART, Roseli Salete; CERIOLI, Paulo Ricardo (Orgs.). **I Conferência Nacional por uma Educação Básica do Campo**. Documentos Finais. Luziânia: CNBB; MST; Unicef; Unesco; UnB, 27-31 jul. 1998. Disponível em: <https://fonec.org/wp-content/uploads/2021/04/Conferencia-Nacional-Por-uma-Educacao-do-Campo.pdf>. Acesso em: 30 out. 2023.

ARROYO, Miguel Gonzalez. **Da escola carente à escola possível**. São Paulo: Loyola, 2003.

ARROYO, Miguel Gonzalez. Políticas de formação de educadores(as) do campo. **Cadernos Cedes**, Campinas, v. 27, n. 72, p. 157-176, maio/ago. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ccedes/a/jL4tKcDNvCggFcg6sLYJhwG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 jan. 2022.

ARRUTI, José Maurício Andion. Conceitos, normas e números: uma introdução à Educação Escolar Quilombola. **Revista Contemporânea de Educação**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 23, p. 107-142, jan./abr. 2017. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/view/3454/7619>. Acesso em: 30 out. 2023.

BASTOS, Sandra Nazaré Dias. (2013). Etnociências na sala de aula: uma possibilidade para aprendizagem significativa. In **Anais do II Congresso nacional de educação e Seminário Internacional de representações sociais, subjetividade e educação**. Curitiba: PUC.

BEZERRA NETO, Luiz. Educação do campo ou educação no campo? **HISTEDBR**, Campinas, n. 38, p. 150-168, jun. 2010. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8639696>. Acesso em: 31 out. 2023.

BOTELHO, Denise. **Lei nº 10.639/2003 e Educação Quilombola: Inclusão educacional e população negra brasileira**. Salto para o Futuro, Boletim 10, p. 34-40, jun. 2007.

BRASIL. Conselho Deliberativo. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Resolução CD/FNDE n. 6, de 17 de março de 2009**. Estabelece as orientações e diretrizes para a operacionalização da assistência financeira suplementar aos projetos educacionais que promovam o acesso e a permanência na universidade de estudantes de baixa renda e grupos socialmente discriminados. Brasília: CD; FNDE, 2009. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/res06_17032009.pdf. Acesso em: 22 jun. 2022.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Parecer CNE/CEB n. 16, de 5 de junho de 2012. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Escolar Quilombola. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 out. 2012a. Disponível em: https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_PAR_CNECEBN162012.pdf?query=envio. Acesso em: 30 out. 2023.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Resolução CNE/CEB, n. 1, de 3 de abril de 2002. Institui Diretrizes Operacionais para a Educação Básica nas Escolas do Campo. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 abr. 2002. Disponível em: https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_RES_CNECEBN12002.pdf?query=PLENA. Acesso em: 30 out. 2023.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Resolução CNE/CEB n. 4, de 13 de julho de 2010. Define Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica. **Diário Oficial da União**, Brasília, 14 jul. 2010b. https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_RES_CNECEBN42010.pdf?query=AGR. Acesso em: 4 nov. 2023.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Resolução CNE/CEB n. 8, de 20 de novembro de 2012. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Escolar Quilombola na Educação Básica. **Diário Oficial da União**, Brasília, 21 nov. 2012b. Disponível em: https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/view/CNE_RES_CNECEBN82012.pdf?query=ensino%20m%C3%A9dio. Acesso em: 30 out. 2023.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução CNS n. 466, de 12 de dezembro de 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, 13 jun. 2013a. Disponível em: <https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2023.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 6 nov. 2023.

BRASIL. Decreto n. 7.352, de 4 de novembro de 2010. Dispõe sobre a política de educação do campo e o Programa Nacional de Educação na Reforma Agrária – PRONERA. **Diário Oficial da União**, Brasília, 5 nov. 2010c. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7352.htm. Acesso em: 4 nov. 2023.

BRASIL. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 dez. 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm. Acesso em: 20 fev. 2021.

BRASIL. Lei n. 10.639, de 9 de janeiro de 2003. Altera a Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para incluir no currículo oficial da Rede de Ensino a obrigatoriedade da temática “História e Cultura Afro-Brasileira”, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 jan. 2003. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/110.639.htm#:~:text=LEI%20No%2010.639%2C%20DE%209%20DE%20JANEIRO%20DE%202003.&text=Altera%20a%20Lei%20no,%22%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias. Acesso em: 4 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Câmara de Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. **Texto-referência para a elaboração das Diretrizes Curriculares Nacionais para a educação escolar quilombola**. Brasília: MEC; CEB; CNE, 2011. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=8527-texto-referencia-diretrizes-curriculares-educacao-quilombola-cne2011-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 30 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação das Relações Étnico-Raciais e para o Ensino de História e Cultura Afro-Brasileira e Africana. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2004. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/diversas/temas_interdisciplinares/diretrizes_curriculares_nacionais_para_a_educacao_das_relacoes_etnico_raciais_e_para_o_ensino_de_historia_e_cultura_afro_brasileira_e_africana.pdf. Acesso em: 4 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Programa Nacional de Educação do Campo – Pronacampo**. Decreto nº 7.352/2010. Brasília: MEC, mar. 2012c. Disponível em: <https://pronacampo.mec.gov.br/>. Acesso em: 22 jun. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação, Alfabetização e Diversidade. Coordenação Geral de Educação do Campo. **Licenciatura (plena) em educação do campo**. Brasília: MEC; Secadi; CGEC, 2006. (minuta avulsa).

CALDART, Roseli Salete. A escola do campo em movimento. **Currículo sem Fronteiras**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 60-81, jan./jun. 2003. Disponível em: http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/conteudo-2009-1/Educacao-MII/3SF/A_ESCOLA_DO_CAMPO_EM_MOVIMENTO.pdf. Acesso em: 30 out. 2023.

CALDART, Roseli Salete. **Educação em movimento: formação de educadoras e educadores no MST**. Petrópolis: Vozes, 1997.

CALDART, Roseli Salete. **Pedagogia do Movimento Sem Terra**. São Paulo: Expressão Popular, 2004.

CHAUÍ, Marilena. **Conformismo e resistência: aspectos da cultura popular no Brasil**. 5. ed. São Paulo: Brasiliense, 1993.

COSTA, Ronaldo Gonçalves de Andrade. Os saberes populares da etnociência no ensino das ciências no ensino das ciências naturais: uma proposta didática para aprendizagem significativa. **Didática Sistêmica**, Rio Grande, v. 8, p. 162-172, 2008. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/redsis/article/view/1303>. Acesso em: 30 out. 2023.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 5. ed. Ijuí: Unijuí, 2011.

FONSECA, João José Saraiva. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 70. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2019.

GERHAEDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. 1. ed. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2009.

GHEDIN, Evandro (Org.). **Educação do campo: epistemologia e práticas**. São Paulo: Cortez, 2012.

GOLDENBERG, Mirian. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1997.

GUHUR, Dominique Michèle Periotto; SILVA, Irizelda Martins de Souza e. Educação do campo: primeiras aproximações. **Roteiro**, Joaçaba, v. 34, n. 2, p. 129-144, jul./dez. 2009. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/roteiro/article/view/302>. Acesso em: 31 out. 2023.

HABERMAS, Jürgen. **Teoria da ação comunicativa**: complementos e estudos prévios. Tradução de Flávio Beno Siebeneichler. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1990.

HAJE, Salomão Antônio Mufarrej. **A multissérie em pauta**: para transgredir o paradigma seriado nas escolas do campo. Salvador: UFBA, 2008. Disponível em: https://faced.ufba.br/sites/faced.ufba.br/files/multisserie_pauta_salomao_hage.pdf. Acesso em: 31 out. 2023.

JAPIASSU, Hilton Ferreira. **Introdução ao pensamento epistemológico**. 6. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1991.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MIRANDA, Marcos Luiz Cavalcanti de. A organização do etnoconhecimento: a representação do conhecimento afrodescendente em religião na CDD. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 8., 2007, Salvador. **Anais...** Salvador, 2007. Disponível em: <http://repositorios.questoesemrede.uff.br/repositorios/bitstream/handle/123456789/345/GT2--341.pdf?sequence=1>. Acesso em: 8 mar. 2020.

MOLINA, Mônica Castagna; JESUS, Sônia Meire Santos Azevedo de (Orgs.). **Contribuições para a construção de um projeto de educação do campo**. Brasília: Articulação Nacional Por Uma Educação do Campo, 2004.

MORAES, Maria Cândida. **Ecologia dos saberes**: complexidade, transdisciplinaridade e educação: novos fundamentos para iluminar novas práticas educacionais. São Paulo: Antakarana/WHH – Willis Harman House, 2008.

MORAES, Maria Cândida. **O paradigma educacional emergente**. 11. ed. Campinas: Papirus, 1997. (Coleção Práxis).

MOREIRA, Eliane. **Conhecimento tradicional e a proteção**. Manaus: T&C, 2007.

MORIN, Edgar. **A inteligência da complexidade**. São Paulo: Fundação Peirópolis, 2000.

MORIN, Edgar. **A religião dos saberes**: o desafio do século XXI. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução de Eliane Lisboa. 5. ed. Porto Alegre: Sulina, 2015.

MORIN, Edgar. **O método I**: a natureza da natureza. Lisboa: Europa-América, 1977.

- MORIN, Edgar. **O método 1: a natureza da natureza**. Porto Alegre: Sulina, 2002.
- MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2003.
- MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez; Brasília: Unesco, 2011.
- MOVIMENTO DE EDUCAÇÃO PROMOCIONAL DO ESPÍRITO SANTO. **Pedagogia da Alternância**. Anchieta: Mepes, [s.d.]. Disponível em: <https://www.mepes.org.br/pedagogia-da-alternancia/>. Acesso em: 7 nov. 2023.
- MOURA, Glória. **Proposta pedagógica: educação quilombola**. Brasília: Salto para o Futuro, 2007.
- MOVIMENTO DOS TRABALHADORES RURAIS SEM TERRA. Princípios da Educação no MST. **Dossiê MST Escola: documentos e estudos (1990-2001)**, Veranópolis, n. 13, p. 160-163, 2005. Disponível em: <https://mst.org.br/download/mst-caderno-da-educacao-no-13-dossie-mst-escola-documentos-e-estudos-1990-2001/>. Acesso em: 31 out. 2023.
- MUNARIM, Antônio. Trajetória do movimento nacional de educação do campo no Brasil. **Educação**, Santa Maria, v. 33, n. 1, [n.p.], jan./abr. 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reeducacao/article/view/19>. Acesso em: 31 out. 2023.
- NASCIMENTO, Glória Cristina Cornélio. Mestre dos mares: o saber do território, o território do saber na pesca artesanal. In: CANANÉA, Fernando Abath (Org.). **Sentidos de leitura: sociedade e educação**. João Pessoa: Imprell, 2013, p. 57-68.
- PINHEIRO, Geraldo Augusto. Educação no campo: desafios e perspectivas. In: CONGRESSO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO, 27., 2004, Caxambu. **Anais...** Caxambu: ANPed, 2004.
- ROCHA, Joyce Alves. **Quilombo São José da Serra: o etnoconhecimento na perspectiva socioambiental**. 355f. 2014. Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://ppgmeioambiente.uerj.br/wpcontent/uploads/2018/12/joyce_alves_rocha.pdf. Acesso em: 8 mar. 2020.
- SAVIANI, Dermeval. Educação do campo: o que é e o que não é. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v. 36, n. 127, p. 643-662, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/educacaocampo.pdf>. Acesso em: 31 out. 2023.
- SILVA, Antônio Carlos Siqueira da. Educação do campo: concepções e perspectivas. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 1, n. 2, p. 28-42, 2006.

TORRES, Ángela Yaneth Landínez. **Apropiación del recurso forestal en la Amazonia colombiana**: una mirada desde la bioética. 2011. 105f. Dissertação (Mestrado) – Universidad del Bosque, Bogotá, 2011.

VYGOTSKY, Lev Semionovitch. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

ASPECTOS PRODUTIVOS E DESAFIOS DA SISALICULTURA EM UM MUNICÍPIO DO CURIMATÁU OCIDENTAL DA PARAÍBA

Khyson Gomes Abreu¹
Ericson da Nobriga Torres²
João Paulo de Oliveira Santos³
Mônica Larissa Aires Macedo⁴

RESUMO

O Semiárido do Brasil (SAB) possui condições edafoclimáticas limitantes para a maioria das culturas agrícolas. No entanto, algumas espécies, como o sisal (*Agave sisalana* Perrine), adaptam-se bem a essa região, representando uma excepcional fonte geradora de renda para as populações locais. Na Paraíba, no Nordeste, o sisal é um dos principais produtos dessa fibra. No entanto, essa cadeia produtiva enfrenta diversos entraves em muitos municípios, demandando estudos que busquem identificar a dinâmica produtiva do sisal em áreas onde essa cultura tradicionalmente tem relevância econômica e social. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar os aspectos produtivos e os desafios enfrentados pela sisalicultura no município de Olivedos, na microrregião do Curimataú Ocidental da Paraíba. Os dados utilizados para esta pesquisa foram obtidos junto ao banco de informações da Pesquisa Agrícola Municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Observou-se elevada variabilidade nas variáveis analisadas, especialmente na área destinada à colheita e na área efetivamente colhida. Os resultados evidenciam uma retração temporal dessas variáveis, com maiores áreas obtidas no início do período amostral. Os maiores rendimentos foram alcançados em 2008, 2009 e 2018, quando houve uma produtividade de 1000 quilogramas de fibra por hectare. Esses resultados destacam a importância de estratégias direcionadas para revitalizar a produção de sisal em Olivedos, como o uso de variedades mais produtivas e práticas de manejo otimizadas. Esses esforços são essenciais para garantir a sustentabilidade dessa cultura e seu impacto positivo nas comunidades locais.

Palavras-chave: Fibras naturais; Lavouras xerófilas; Semiárido.

PRODUCTIVE ASPECTS AND CHALLENGES OF SISALICULTURE IN A MUNICIPALITY OF CURIMATÁU OCIDENTAL PARAÍBA

ABSTRACT

The Brazilian Semiarid (SAB) presents edaphoclimatic conditions that limit the majority of agricultural crops. Nevertheless, some species, like sisal (*Agave sisalana* Perrine), adapt well to this region and represent an exceptional source of income for local populations. In the Northeast, Paraíba is one of the main producers of this fiber. However, this productive chain faces various obstacles in many municipalities, demanding studies aimed at identifying the productive dynamics of sisal in areas where this crop traditionally holds significant economic and social importance. In this context, this study aimed to assess the productive aspects and challenges faced by sisal cultivation in the municipality of Olivedos, in the microregion of Curimataú Ocidental, Paraíba. The data used for

¹ Estudante de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB). Mestre em Agronomia pelo Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus Areia. E-mail: khysonabreu@gmail.com

² Professor Doutor, efetivo no Instituto Federal e Tecnológico da Paraíba- IFPB desde 2011. Doutorado e Mestrado pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da UFPB, classificado em primeiro lugar em ambos durante os processos seletivos do PPGG de 2006 e 2014 respectivamente. Autor de 2 livros, um publicado pela EAD (Editora Alemã) e outro pela CRV, ambos sobre a temática do Assalariamento rural. Leciona no IFPB nos cursos: Técnico-integrado, na Especialização em Meio Ambiente do IFPB-Monteiro. Foi Professor da FIP-Faculdades Integradas de Patos durante 2 anos e da rede municipal de Santa Rita-PB. Foi bolsista da CAPES durante o Mestrado. Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba a nível de Bacharelado (2006) e a nível da licenciatura (2007). E-mail: Ericson.torres@ifpb.edu.br

³ Doutor em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (2023), Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2019) e Especialista em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo Instituto Federal da Paraíba (2023). Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal da Paraíba (2017). Atuou como Diretor de Recursos Humanos da ACJ (Agropecuária Consultoria Junior) do Campus II da UFPB. E-mail: joao.paulo@ifto.edu.br

⁴ Possui Bacharelado em Estatística (2009) pela UEPB (Universidade Estadual da Paraíba) com ênfase em estatística multivariada aplicada à Educação. Especialização em Estatística Aplicada (2012) pela FURNE. E-mail: aires.monica@gmail.com

this research were obtained from the Municipal Agricultural Survey database of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). There was observed high variability in the analyzed variables, especially concerning the area designated for harvesting and the actual harvested area. The results show a temporal retraction of these variables, with larger areas obtained at the beginning of the sampling period. The highest yields were achieved in 2008, 2009, and 2018, when a productivity of 1000 kilograms of fiber per hectare was obtained. These findings underscore the importance of targeted strategies to revitalize sisal production in Olivedos, such as the use of more productive varieties and optimized management practices. These efforts are essential to ensure the sustainability of this crop and its positive impact on local communities.

Keywords: Natural fibers; Xerophilic crops; Semi-arid.

Recebido em 14 de setembro de 2023. Aprovado em 28 de novembro de 2023

INTRODUÇÃO

A região semiárida do Brasil, ocupada predominantemente pelo bioma Caatinga, vem sendo exposta a um intenso processo de degradação pelo avanço da agricultura e pecuária, cujo seu início se deu ainda no século XVII (NOGUEIRA & SIMÕES, 2009). Porém, a situação agravou-se ao longo dos anos pelo uso e manejo incorreto das suas terras, submetidas à exploração predatória, desmatamento, queimadas e uso incorreto de suas terras (FERNANDES et al., 2015).

O Semiárido brasileiro (SAB) é caracterizado por um regime de chuva irregular com períodos frequentes e extensos de estiagem, intermitência dos rios, elevadas taxas de evaporação, solos rasos e, conseqüentemente, com limitações à produção agrícola (ARAÚJO et al., 2006; COELHO et al., 2018).

Contudo, os agricultores locais ainda conseguem se sobressair e persistir na agricultura, produzindo culturas que possuem uma maior adaptabilidade às condições edafoclimáticas presentes, como é o caso, por exemplo, de espécies como do sisal (*Agave sisalana* Perrine). Essa cultura é uma planta suculenta originária do México que desempenha um papel fundamental na indústria de fibras naturais. Suas folhas fibrosas são usadas na produção de cordas, tapetes e outros produtos de fibra, devido à sua resistência e durabilidade (INEGI, 2022).

O sisal é a fonte da fibra natural mais utilizada comercialmente a nível mundial, o que se deve às suas propriedades mecânicas e composição química. Embora seja originária do México, essa espécie possui diversos ecótipos com elevada adaptação às condições edafoclimáticas do Brasil, em especial da região Semiárida (SILVA et al., 2019).

Devido a sua grande adaptabilidade, essa espécie é amplamente cultivada no Semiárido do Brasil, figurando o país como o maior produtor mundial desse tipo de fibra, cuja participação corresponde a 69% da produção mundial (RIBEIRO et al., 2015). Na Paraíba, em especial, nas áreas inseridas no SAB, o cultivo do sisal foi por muito tempo uma das principais atividades econômicas, constituindo-se como uma atividade responsável por fixar o homem no campo por meio da geração de emprego e renda. Atualmente, mesmo como o declínio dessa cadeia produtiva em muitos municípios paraibanos, a Paraíba ainda figura como o segundo maior produtor brasileiro de sisal, ficando atrás apenas da Bahia (CAVALCANTE & ALMEIDA, 2022).

A cadeia produtiva do sisal envolve desde os trabalhos de cultivo e extração até as atividades de beneficiamento e industrialização para fins artesanais e têxteis. Sua produção, beneficiamento e comercialização, por exemplo, trazem inúmeros benefícios socioeconômicos para muitas áreas do Semiárido do Brasil (SANTOS & SILVA, 2017; BARRETO et al., 2020). No entanto, essa cadeia produtiva enfrenta diversos entraves em muitos municípios, o que demanda estudos que busquem identificar a dinâmica produtiva do sisal em áreas onde tradicionalmente essa cultura possui relevante importância econômica e social, como é o caso, por exemplo, do Curimataú da Paraíba. Nesse contexto, este estudo objetivou avaliar os

aspectos produtivos e os desafios enfrentados pela sisalicultura no município de Olivedos, na microrregião do Curimataú Ocidental da Paraíba.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

A pesquisa foi realizada no município de Olivedos, região do Curimataú Ocidental, no estado da Paraíba (Figura 1). Espacialmente, de acordo com o (IBGE, 2010), o município está localizado na mesorregião do Agreste Paraibano do Estado da Paraíba e na microrregião do Curimataú Ocidental. Encontra-se a aproximadamente 560 m acima do nível médio do mar, ficando a 152,9 km da capital João Pessoa. Olivedos, limita-se ao norte com o município de Barra de Santa Rosa, ao sul, com Soledade, ao leste, com Pocinhos e ao oeste, com Cubatí e Seridó.

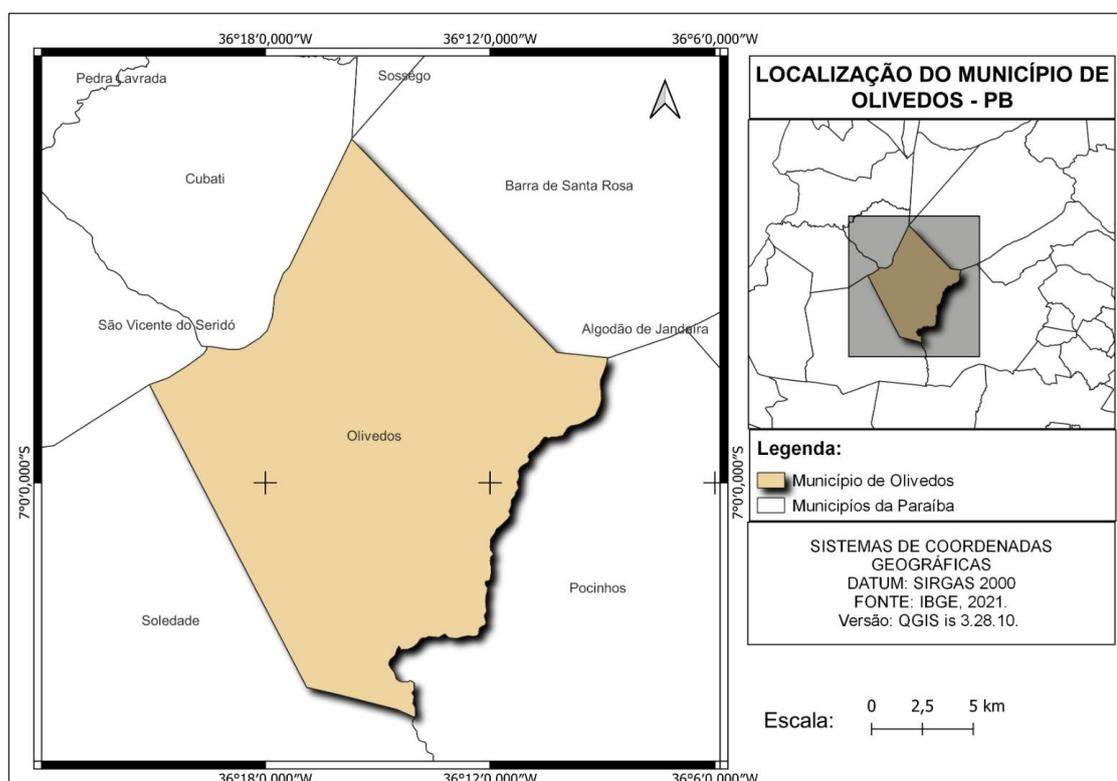


Figura 1. Localização do município de Olivedos, região do Curimataú Ocidental, Paraíba.

Fonte: Os Autores (2023).

Os dados deste estudo foram obtidos junto ao banco de informações da Pesquisa Agrícola Municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para tanto, extraiu-se os dados da produção de sisal em Olivedos no período 2006–2021, utilizando-se para isso o Sistema de Recuperação Automática (SIDRA, 2023).

Variáveis analisadas

Cinco variáveis referentes à produção de sisal foram avaliadas: (a) área destinada à colheita em hectares (ha), que representa o total anual da área com essa cultura no município; (b) área colhida em hectares (ha), que representa o total anual da área efetivamente colhida; (c) quantidade produzida em toneladas de fibra (t), correspondente à quantidade anual de fibra de

sisal produzida no município; (d) produtividade em quilogramas de fibra por hectare (kg/ha) descrito pela razão entre a quantidade produzida e a área colhida; (e) valor da produção (em milhares de R\$) calculada pela média ponderada das informações de quantidade e preço médio corrente pago ao produtor.

Análise estatística

Após a extração, os dados foram organizados em figuras, utilizando-se para isso o pacote ggplot2 no R. Posteriormente, essa matriz de dados foi submetida a uma Análise de Componentes Principais (ACP). Para ambas as análises, utilizou-se o software R versão 4.2.0 (R CORE TEAM, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se elevada variabilidade para as variáveis analisadas, em especial para a área destinada à colheita e área colhida (Figura 2). Os resultados evidenciam uma retração temporal dessas variáveis, com maiores áreas obtidas no início do período amostral, atingindo-se 750 hectares de sisal colhidos em Olivedos. Em contraste, quedas acentuadas em ambas as variáveis foram observadas a partir de 2012, destacando-se os anos de 2015 e 2016, no qual tanto a área destinada á colheita quanto a área colhida foi de apenas 80 hectares.

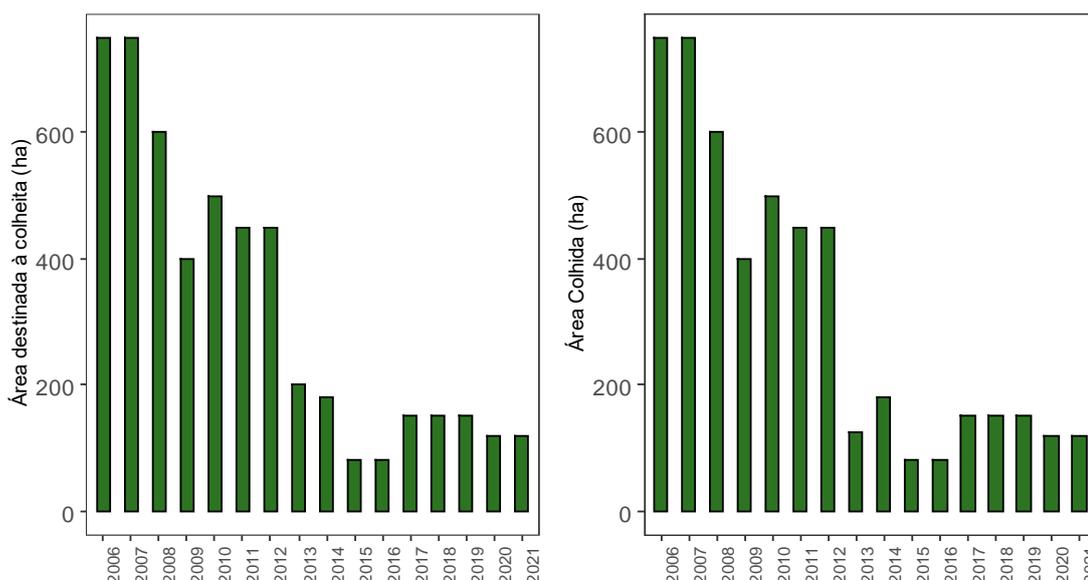


Figura 2. Área destinada à colheita e área colhida com sisal no município de Olivedos – Paraíba, no período 2006-2021.

Fonte: Adaptado de SIDRA (2023).

Embora o sisal seja uma cultura adaptada às condições de baixa pluviosidade, possivelmente a forte retração da área colhida dessa cultura em Olivedos a partir de 2012 esteve associada ao início de uma severa seca que acometeu todo o Semiárido do Brasil e impactou de forma significativa outras culturas agrícolas produzidas localmente, principalmente as culturas de subsistência, como, por exemplo, feijão (ARAÚJO et al., 2021) e milho (SANTANA et al., 2023).

Ainda, cabe destacar que um outro fator que levou à retração da área colhida desde o início do período amostral foi a concorrência no mercado internacional das fibras de sisal com as fibras duras sintéticas, o que impactou de forma muito negativa a sisalicultura em todo o

SAB. Ademais, outros fatores como o baixo grau de tecnificação e o manejo deficitário da fertilidade dos solos também impactaram nessa retração (EMBRAPA, 2006).

Diferentemente do comumente observado com outras culturas agrícolas produzidas no SAB, em todos os anos em análise, a área destinada à colheita foi de fato colhida (Figura 2). Esse resultado é particularmente importante, por demonstrar rusticidade desta cultura nas condições do Nordeste do Brasil. Em estudo com a dinâmica produtiva do feijão (2000-2019) em Gado Bravo, no Semiárido da Paraíba, Araújo et al. (2021) observaram alta discrepância entre a área plantada e a área colhida em seis dos 20 anos monitorados. Esse mesmo tipo de discrepância é relatado para o milho no município de Pão de Açúcar, Alagoas (SANTANA et al., 2023) e cana-de-açúcar em Areia, Paraíba (PESSOA et al., 2021) e Boca da Mata, Alagoas (DIAS et al., 2021).

Os maiores valores de produção de fibra de sisal foram observados em 2008, no qual 600 toneladas de fibra foram produzidas em Olivedos (Figura 3). No entanto, posteriormente retração também foi observada para essa variável, com valores mínimos sendo obtidos em 2015, com a produção de 56 toneladas. Os valores se mantiveram com relativa estabilidade até 2017, com recuperação em 2018 e novo decréscimo até o fim do período amostral.

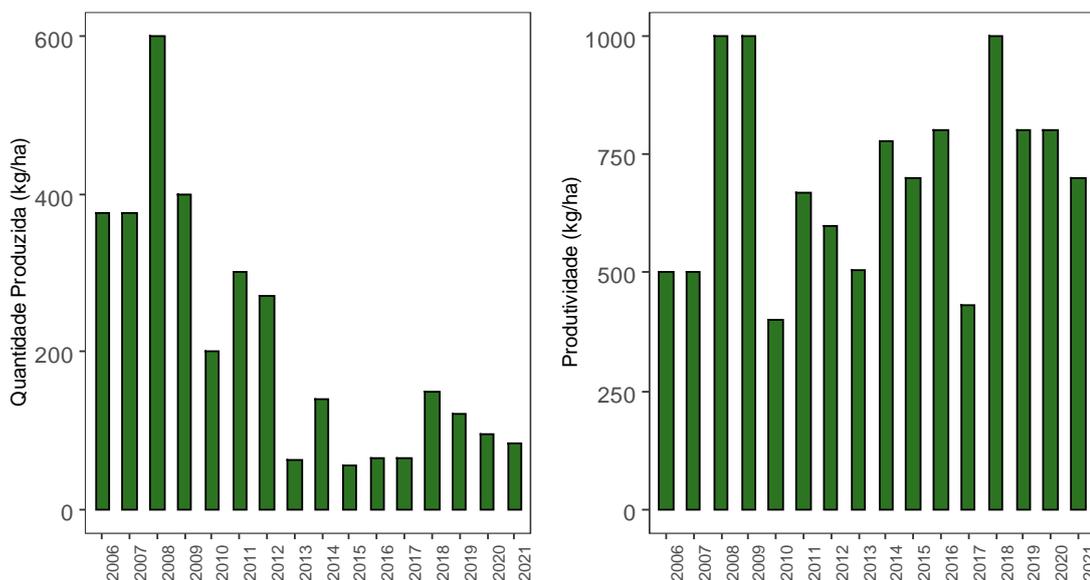


Figura 3. Quantidade produzida e produtividade de sisal no município de Olivedos – Paraíba, no período 2006-2021.

Fonte: Adaptado de SIDRA (2023).

Redução na área colhida e seus reflexos na quantidade produzida impactam diretamente nos aspectos econômicos da cadeia produtiva do sisal. Esses efeitos são ainda mais pronunciados ao se analisar a vulnerabilidade dos trabalhadores da sisalicultura, visto que, em sua maioria, esses trabalhadores tem nessa atividade a sua única fonte de renda e dela dependem para o sustento de suas famílias. Ainda, cabe destacar que, como mencionam Cavalcante & Almeida (2022), a remuneração desses indivíduos é bastante variável e depende da quantidade de fibra produzida.

Embora dotada de elevada variabilidade nos aspectos produtivos, a sisalicultura em Olivedos também evidencia sua versatilidade e potencialidade. Isso pode ser visualizado ao se analisar variáveis como a produtividade. Por exemplo, em 2008, 2009 e 2018, obteve-se produtividade de 1000 quilogramas de fibra por hectare (Figura 3), nesses anos em questão, o rendimento local dessa cultura foi superior à produtividade média da Paraíba (844 kg/ha) e do

Brasil (928 kg/ha) (SIDRA, 2023). Esses resultados comprovam que mesmo sob condições edafoclimática limitantes, como as presentes no município, é possível se atingir bons índices produtivos ao se trabalhar com culturas adaptadas e resilientes, como é o sisal. Ainda, esses achados são importantes por evidenciar que com esforços direcionados, como o uso de variedades de maior teto produtivo e com manejo adequado, é possível revitalizar essa cadeia produtiva em Olivedos.

Os maiores valores de produção de sisal em Olivedos foram observados no início do período amostral, em especial, no ano de 2008, no qual se atingiu o montante de R\$ 510.000 (Figura 4). Em contraste, o período de 2013 a 2017 se caracterizou pelo pior rendimento econômico dessa atividade, com valores inferiores a R\$ 150.000.

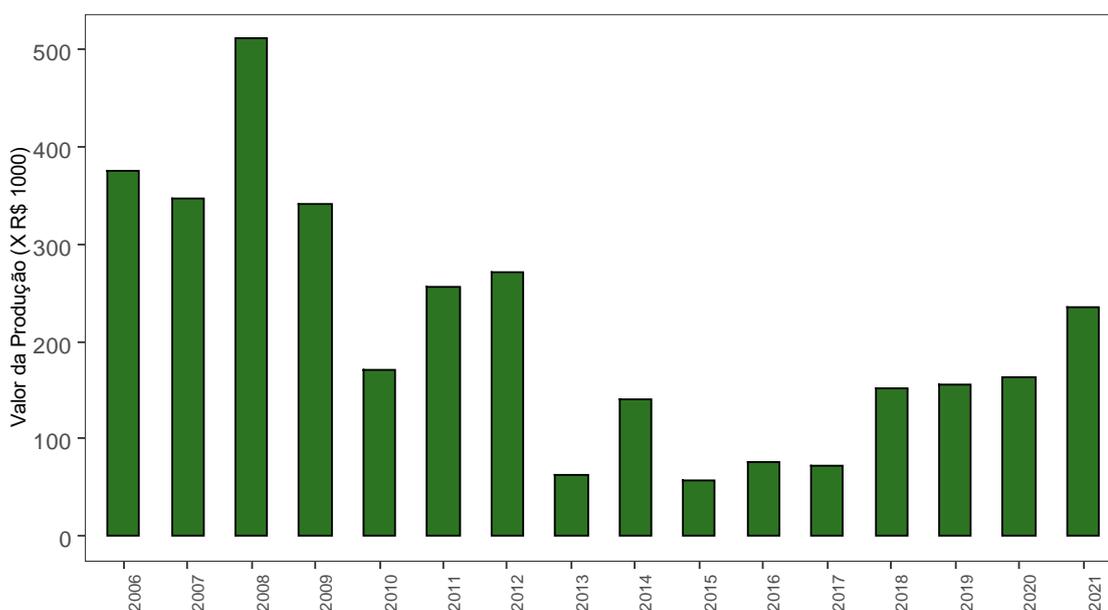


Figura 4. Valor da produção de sisal no município de Olivedos – Paraíba, no período 2006-2021.

Fonte: Adaptado de SIDRA (2023).

Segundo Carneiro et al. (2014), apesar da sua importância econômica para os municípios onde é produzido, nos últimos anos têm-se observado forte declínio da cultura do sisal, levando a uma drástica redução na área colhida e na quantidade produzida, por exemplo. Cenário esse que também foi observado neste estudo. Vários fatores têm contribuído para essa decadência, dentre os principais, merece destaque o baixo índice de aproveitamento da planta, visto que somente 4% das folhas colhidas se convertem em produto vendável.

A análise de componentes principais (ACP) explicou 97,9% da variância original dos dados em seus dois primeiros eixos (CP1 e CP2) (Figura 5). Para o eixo 1, que reuniu 72,8% da variância dos dados, observou-se a associação positiva entre Área Colhida ($r = 0,96$; $p < 0,01$), Área Destinada à Colheita ($r = 0,95$; $p < 0,01$), Quantidade Produzida ($r = 0,95$; $p < 0,01$) e Valor do Produção ($r = 0,93$; $p < 0,01$). Para esse eixo, destacam-se 2006, 2007 e 2008, anos que se destacaram pelo melhor desempenho dessas variáveis no período amostral.

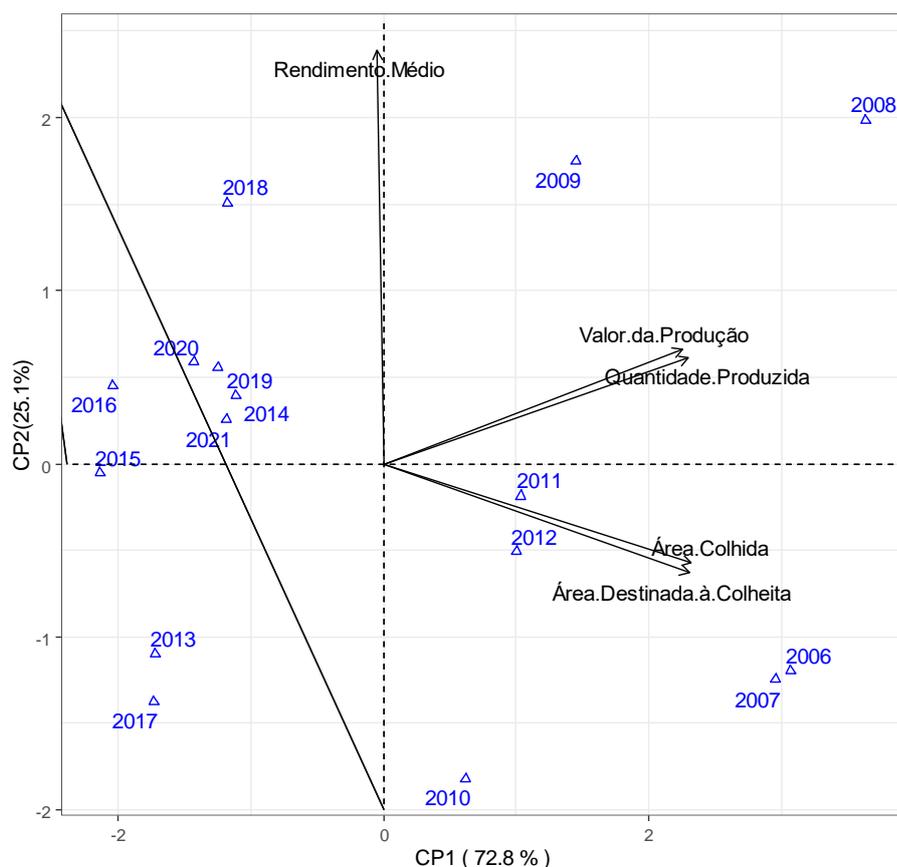


Figura 5. Dispersão gráfica biplot da produção de sisal no município de Olivedos – Paraíba, no período 2006-2021, e baseada em escores de 5 caracteres produtivos, representados pelos dois primeiros componentes principais.

No eixo 2, que acumulou 25,1% da variância, observou-se apenas a participação significativa do rendimento médio ($r = 0,99$; $p < 0,01$); destacando-se nesse eixo, os anos de 2008, 2009 e 2018 no qual se obteve o maior rendimento médio do sisal, e que contrastaram com o ano de 2010, no qual se alcançou a pior produtividade de todo o período amostral.

Diante dos dados analisados, é evidente a complexidade que permeia a sisalicultura em Olivedos ao longo dos anos estudados. A oscilação acentuada na área destinada à colheita e na área efetivamente colhida reflete não apenas as dinâmicas climáticas, como também os impactos diretos e indiretos de fatores externos, como a concorrência com fibras sintéticas no mercado internacional. A conexão direta entre a retração na produção de sisal e a vulnerabilidade econômica dos trabalhadores locais ressalta não somente a importância socioeconômica dessa atividade, mas também a urgência de estratégias que promovam a resiliência dessa cadeia produtiva. Ainda assim, a análise aponta para a resiliência da cultura do sisal, evidenciada por sua capacidade de produção em condições adversas e sua potencialidade de recuperar-se mediante esforços direcionados, como o aprimoramento tecnológico e o manejo eficaz. Esses achados apontam caminhos possíveis para revitalizar essa atividade em Olivedos, ressaltando a importância de investimentos em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar a produtividade e promover a estabilidade econômica local.

CONCLUSÃO

A análise da produção de sisal em Olivedos revelou oscilações significativas em várias variáveis. A área destinada à colheita e a área efetivamente colhida diminuíram acentuadamente

a partir de 2012. Isso impactou diretamente na quantidade de fibra produzida, afetando no valor da produção dessa cultura e gerando efeitos negativos para a economia local. No entanto, mesmo com esses desafios, o sisal mostrou momentos de alta produtividade, especialmente em 2008, 2009 e 2018, evidenciando sua resistência às condições adversas. A análise das variáveis destaca a importância de estratégias direcionadas para revitalizar a produção de sisal, como o uso de variedades mais produtivas e práticas de manejo otimizadas. Esses esforços são essenciais para garantir a sustentabilidade dessa cultura e seu impacto positivo nas comunidades locais.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. C.; GÜNTNER, A.; BRONSTERT, A. Loss of reservoir volume by sediment deposition and its impact on water availability in semiarid Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, n. 51, p. 157-170, 2006. <https://doi.org/10.1623/hysj.51.1.157>

ARAÚJO, J. R. E. S.; SILVA, J. H. B.; BATISTA, M. C.; SABINO, B. T. S.; ALMEIDA, I. V. B.; ABREU, K. G.; ARAÚJO, E. F. B.; SANTOS, J. P. O. Agricultura de sequeiro e variabilidade produtiva de uma cultura de subsistência em Gado Bravo, Semiárido da Paraíba. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 3, p. 2905-2918, 2021. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1862. Acesso em: 25/11/2023.

BARRETO, S. M. A. G. et al. In vitro and in vivo antioxidant activity of *Agave sisalana* agroindustrial residue. **Biomolecules**, v. 10, n. 10, p. e1435, 2020. <https://doi.org/10.3390/biom10101435>

CARNEIRO, F. S.; QUEIROZ, S. R. O. D.; Adriana Rodrigues PASSOS, A. R.; NASCIMENTO, M. N.; SANTOS, K. S. Embriogênese somática em *Agave sisalana* Perrine: indução, caracterização anatômica e regeneração. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 44, n. 3, p. 294-303, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000300005>

CAVALCANTE, G. T. O.; ALMEIDA, H. A. Diagnóstico socioambiental do cultivo do sisal (*Agave ssp*) no recorte territorial de Pocinhos, PB. **Conjecturas**, v. 22, n. 8, p. 1092-1104, 2022. <https://doi.org/10.53660/CONJ-1308-Y08>

COELHO, C. F.; REINHARDT, H.; ARAÚJO, J. C. Green pit technology as a rural sanitation component for the semiarid region of Brazil. **Eng Sanit Ambient**, v. 23 n.4, p. 801-810, 2018. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018170077>

DIAS, M. S., CARTAXO, P. H. A., SILVA, F. A., FREITAS, A. B. T. M., SANTOS, R. H. S., DANTAS, E. A., MAGALHÃES, J. V. A., SILVA, I. J., ARAUJO, J. R. E. S., & SANTOS, J. P. O. Dinâmica produtiva da cultura da cana-de-açúcar em um município da zona da mata alagoana. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 5, p. 22-28, 2021. <https://doi.org/10.36560/14520211276>

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do Sisal**. Campina Grande- PB: CNPA, 2006. (Sistemas de Produção, n. 5). Disponível em: www.cnpa.embrapa.br. Acesso em: 01/09/2023.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Informações gerais sobre o sisal**. 2010. Disponível em: www.cnpa.embrapa.br. Acesso em: 18/08/2023.

FERNANDES, M. R. M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q.; FERNANDES, M. M. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 472-482, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.121514>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/olivedos/panorama>. Acesso em 10/06/2023.

INEGI - Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Produccion de henequén, sisal e mecates. (2022) Disponível em: <https://www.inegi.org.mx/temas/agropecuario/>. Acesso em: 07/09/2023.

NOGUEIRA, F. R. B.; SIMÕES, S. V. D. Uma abordagem sistêmica para a agropecuária e a dinâmica evolutiva dos sistemas de produção no nordeste semiárido. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, p. 1-6, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/187/566>. Acesso em: 09/09/2023.

PESSOA, G. G. F. DE A., ALVES, A. K. S., DANTAS, ÉRICO DOS A., ALMEIDA, L. J. M. DE, SILVA, J. DE A., ARAÚJO, J. R. E. S., SILVA, D. A. M. DA, & SANTOS, J. P. DE O. Dinâmica temporal da produção de cana-de-açúcar em um município do Brejo Paraibano, Brasil (1995–2019). **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 11, p. 18-24, 2021. <https://doi.org/10.36560/141120211451>

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2023; Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 15/05/2023.

RIBEIRO, B. D.; BARRETO, D. W.; COELHO, M. A. Z. Use of micellar extraction and cloud point preconcentration for valorization of saponins from sisal (*Agave sisalana*) waste. **Food and bioproducts processing**, v. 94, p. 601-609, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2014.07.004>

SANTANA, W. S.; PEREIRA, D. D.; ARAÚJO, J. R. E. S.; SOUSA, V. F. O.; DIAS, M. S.; SANTOS, J. P. O. Dinâmica Temporal da Produção de Milho em Pão de Açúcar, Alagoas, Brasil. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 14, n. 2, p. 158-169, 2023. Disponível em: <https://revista.unifaema.edu.br/index.php/Revista-FAEMA/article/view/1318>. Acesso em: 25/11/2023.

SANTOS, E. M. C.; SILVA, O. A. Sisal na Bahia – Brasil. **Mercator**, v. 16, e16029, 2017. <https://doi.org/10.4215/rm2017.e16029>

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Produção Agrícola Municipal**. 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 15/05/2023.

SILVA, F. P. M.; ORTEGA, A. C.; BOTELHO, M. R. A. Arranjo produtivo local (APL): a experiência no território do sisal na Bahia. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 2, p. 523-554, 2016. <http://dx.doi.org/10.21452/rde.v2i34.4301>

SILVA, O. R. R. F.; CARTAXO, W. V.; GONDIM, T. M. S.; ARAUJO, A. E.; SILVA, C. A. D. A cadeia produtiva do sisal no Nordeste brasileiro. In: Ximenes, L. F.; Silva, M. S. L.; Brito, L. T. L. (Ed.). **Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro**. Fortaleza, CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2019, p. 913-952. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1112171>. Acesso em: 02/09/2023.

INSÔNIA ENTRE MULHERES NA MATURIDADE INTEGRANTES DO PROJETO AMORA'S

Juerila Moreira Barreto¹.
Mayara Ribeiro da Silva²
Nilton Soares Formiga³

RESUMO

Identificar a presença do distúrbio do sono, em mulheres durante o período do climatério e menopausa integrantes do Projeto de Extensão AMORA'S – Assistência à Saúde da Mulher na Maturidade. Trata-se de um estudo descritivo, qualitativo, quantitativo e de caráter transversal. Desenvolvido na Clínica Escola de Fisioterapia da Universidade Federal da Paraíba, pelo Projeto de Extensão AMORA'S, junto ao Projeto de Iniciação Científica, referente ao semestre 2022.1 e 2022.2, submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa, registrado sob o nº CAAE: 58367422.1.0000.5188. Foi aplicado um instrumento de autoavaliação climatérica no qual continha um questionário sociodemográfico e em seguida a Escala de Insônia de Atenas. Utilizou-se estatística descritiva (média, frequência, porcentagem). A amostra contou com 18 mulheres, faixa etária entre 42 e 69 anos, 61,1% pardas, 50% casadas, 72,3% católicas, 38,8% tem curso superior 77,7% não estavam trabalhando, 38,9% têm um salário-mínimo. Quanto ao IMC, 61,1% das mulheres estão acima do peso, com obesidade tipo I. Foram encontrados em 11 mulheres sintomatologia referente ao TS-I, correspondendo a 55% das integrantes, corroborando com a literatura evidenciando a propensão das mulheres ao problema durante o climatério e menopausa, demonstrando a necessidade de cuidados relacionados à saúde durante essa fase do ciclo vital.

Palavra-chave: Insônia, Climatério, Menopausa, Fisioterapia.

INSOMNIA AMONG MATURE WOMEN MEMBERS OF PROJECT AMORA'S

ABSTRACT

Identifying the presence of sleep disturbances in women during the perimenopausal and menopausal period as part of the AMORA'S Extension Project - Women's Health Care in Maturity. This is a descriptive, qualitative, quantitative, and cross-sectional study conducted at the School Clinic of Physiotherapy at the Federal University of Paraíba, by the AMORA'S Extension Project, in collaboration with the Scientific Initiation Project, for the semesters 2022.1 and 2022.2. The study was submitted to the Ethics and Research Committee and registered under the number CAAE: 58367422.1.0000.5188. A perimenopausal self-assessment instrument was applied, which included a sociodemographic questionnaire, followed by the Athens Insomnia Scale. Descriptive statistics were used (mean, frequency, percentage). The sample consisted of 18 women, aged between 42 and 69 years, 61.1% of mixed race, 50% married, 72.3% Catholics, 38.8% with a college degree, 77.7% were not working, and 38.9% had a minimum wage income. Regarding BMI, 61.1% of women are overweight, with type I obesity. Symptoms related to Type I sleep disturbances were found in 11 women, corresponding to 55% of the participants, in line with the literature, highlighting women's susceptibility to this problem during the perimenopausal and menopausal period, underscoring the need for health-related care during this phase of the life cycle.

Keywords: Insomnia, Climacteric, Menopause, Physiotherapy.

Recebido em 10 de outubro de 2023. Aprovado em 04 de dezembro de 2023

¹ Professora Doutora do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal da Paraíba. Email: juerila@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-7502-7097>

² Bolsista do Programa de Iniciação Científica (PIBIC) da Universidade Federal da Paraíba. Email: juerila@gmail.com

³ Professor Doutor do mestrado em Psicologia do Ecossistema Ânima/Universidade Potiguar – Brasil. Email: nsformiga@yahoo.com. <https://orcid.org/0000-0003-4907-9736>

INTRODUÇÃO

A Classificação Internacional dos Transtornos de Sono (*International Classification of Sleep Disorders – ICSD*), em sua 3ª edição, define a insônia como sendo a dificuldade constante em iniciar e manter o sono durante a noite, assim como o quadro de despertar-se antes do horário desejado. Segundo a ICSD, para o diagnóstico do transtorno, os sintomas descritos devem persistir mesmo após a exposição à adequadas circunstâncias para o adormecer, apresentando entre as consequências mais comuns das alterações do sono o comprometimento na realização das atividades durante o dia, alterações da conduta e de humor (AASM, 2014).

Recentemente, um único diagnóstico de Transtorno do sono – Insônia (TS-I), é considerado na abordagem 'agrupada' do DSM-5-TR (APA, 2022), ICSD-3 (Academia Americana de Medicina do Sono [AASM], 2014) e CID-11 (Organização Mundial da Saúde [OMS], 2019). Independentemente da nosologia atual utilizada, um diagnóstico de TS-I é feito com base no sono noturno autorrelatado pelo indivíduo e os sintomas de funcionamento diurno, para os quais a cronicidade pode ser especificada e onde nenhuma atribuição causal é feita no que diz respeito à presença de comorbidades de saúde física ou mental. (NYHUIS e MENDONZA, 2023)

Quanto a classificação da insônia, a ICSD-3 convencionou, a partir das atualizações sobre a categorização e subtipos pactuados anteriormente, uma única entidade relacionada ao TS-I e estabeleceu os critérios diagnósticos a serem observados quanto a ocorrência, sintomas, circunstâncias, duração e associação com outros transtornos de sono. No TS-I os sintomas diurnos associados (sonolência diurna, fadiga, irritabilidade, alteração de humor, mal-estar e disfunção cognitiva) ocorrem, normalmente, várias vezes durante a semana (sem especificação quanto à quantidade de episódios), por pelo menos 3 meses. Os sintomas não devem estar associados a outras condições de saúde como transtorno mental, uso de fármacos ou outros transtornos de sono (AASM, 2014; NYHUIS e MENDONZA, 2023, BACELAR; PINTO JR, 2019)

Achados da literatura destacam a prevalência da insônia em mulheres durante o climatério e menopausa, e o impacto do distúrbio sobre as atividades de vida diária, ocupação, fatores biopsicossociais e qualidade de vida de uma maneira em geral, sendo uma das manifestações mais problemáticas e delicadas nessa etapa do ciclo vital. No que tange a essa etapa da fisiologia feminina, a *maturidade*, a Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece que compreende esse período de tempo, a faixa etária entre os 40 aos 65 anos de idade, onde modificações metabólicas são desencadeadas e impactam, consideravelmente, o corpo da mulher e seu estilo de vida (FEBRASGO, 2010). O cessar do ciclo menstrual associado às modificações hormonais inerentes ao processo de envelhecimento, como a diminuição dos níveis de estrogênio (hipoestrogenismo), repercutem com alterações complexas e que incluem desde modificações em aspectos biológico, físico, psíquico e social até a participação a nível comportamental (KIM; AHN, 2016; BAKER; DE ZAMBOTTI; COLRAIN; BEI, 2018; HA; KIM; SO; KIM, 2023)

Estudos epidemiológicos têm reforçado a prevalência da insônia, bem como avaliado a gravidade do comprometimento gerado sobre qualidade de sono de mulheres climatéricas e na pós menopausa. Em pesquisa realizada por Ohayon (2006), com base em um levantamento realizadas por telefone com a participação de 982 mulheres, foram identificados um percentual de 26% das entrevistadas e qualificadas com diagnóstico de insônia de acordo com o DSM-IV (DSM-IV, 2002) (com duração definida em 6 meses). Desse percentual, aproximadamente 32% das mulheres referiram que os sintomas estavam intimamente relacionados com o período de transição pelo climatério (BAKER; ZAMBOTTI; COLRAIN e BEI, 2018).

Outro fator importante destacado, pelo estudo de Ohayon (2006), e que demonstrou uma relação com o aumento da insônia em mulheres nessa etapa da vida foi a manifestação dos sintomas vasomotores “*fogachos*” (sensação de calor, sudorese, ansiedade e calafrios). Pesquisas têm evidenciado que experimentar tais sintomas vasomotores (SVM) (leves, moderados ou graves), podem estar fortemente associados ao possível diagnóstico da insônia, com probabilidade de apresentar sintomas de insônia aumentados a depender da gravidade dos SVM (BAKER et al, 2018).

Portanto, baseado no exposto, pode-se compreender a importância do cuidado frente às questões físicas, biológicas, psicológicas e sociais intrínsecas ao climatério, tendo em vista a incidência preocupante do TS-I entre as mulheres, que representam uma parte significativa da população brasileira e mundial. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo identificar a presença do distúrbio do sono, em mulheres durante o período do climatério e menopausa integrantes do Projeto de Extensão AMORA´S – Assistência à Saúde da Mulher na Maturidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Tipo de estudo, período e local

Trata-se de um estudo descritivo, qualitativo, quantitativo e de caráter transversal, desenvolvido pelo Projeto de Iniciação Científica (Edital 01/2022 – vigência 2022/2023 Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica-UFPB), em parceria com o Projeto de Extensão AMORA´S – Assistência à Saúde da Mulher na Maturidade (Edital 06/2022 – Pró-Reitoria de Extensão-UFPB), na Clínica Escola de Fisioterapia da UFPB, no período de agosto 2022 a maio 2023.

Participantes

A amostra de conveniência foi composta por 18 mulheres com a faixa etária entre 42 e 69 anos (média de idade 55,3 anos) que participavam do projeto AMORA´S.

Instrumento de coleta de dados

As participantes responderam ao questionário sociodemográfico contido no instrumento de **Autoavaliação Climatérica** contemplando: idade, etnia, estado civil, religião, grau de escolaridade, ocupação de trabalho, renda econômica e IMC. Para avaliação do transtorno do sono foi aplicada a **Escala de Insônia de Atenas (EIA)**, tipo Likert, composta por 8 quesitos que visam avaliar a qualidade de sono, assim como identificar possíveis dificuldades enfrentadas com o sono, explicitada por: 1) Indução do sono; 2) Despertares durante a noite; 3) Despertar antes do desejado; 4) Duração total do sono; 5) Qualidade geral do sono; 6) Sensação de bem-estar durante o sono; 7) Capacidades físicas e mentais durante o dia; e 8) Sonolência durante o dia. Pontuações variam de 0 (o que significa que o item em questão não tem sido um problema) a 3 (indicando mais dificuldades agudas de sono). Após a leitura de cada quesito, deve-se identificar a afirmativa que melhor descreva a estimativa do seu sono e marcá-la (0, 1, 2 ou 3). A pontuação total da escala varia de 0 a 24. Para score igual ou superior a 6 atribui-se a caracterização do quadro de insônia (SHAHID; WILKINSON; MARCU, 2012)

Ao final, deve-se somar os valores obtidos em cada domínio, e na sequência avaliá-los. A Escala de Insônia de Atenas possui propriedades psicométricas de validade de construto, de critérios e coeficientes de confiabilidade tornando um instrumento importante para rastrear a insônia (LOBOS-RIVERA; FLORES-MONTERROSA; GUTIÉRREZ-QUINTANILLA; FLAMENCO-CORTEZ, 2022).

Procedimento para coleta de dados

Os dados foram coletados a partir das reuniões realizadas no projeto de extensão AMORA'S, que apresentava a seguinte estrutura metodológica: a) Composto de 14 sessões; b) Tempo de execução da atividade de 180 minutos; c) Periodicidade de uma vez por semana. Cada sessão foi desenvolvida levando em consideração os pressupostos de *grupos operativos* na perspectiva de Pichon-Rivière (BASTOS, 2010) distribuídas da seguinte forma: i) *Etapa afetiva*, com acolhimento a partir da aplicação de técnicas de dinâmica de grupo; ii) *Etapa cognitiva*, com discussão teórica sobre o tema proposto; iii) *Etapa motora*, trabalhando uma intervenção prática voltada ao conteúdo abordado, e sequenciada pelo fechamento do grupo.

Aspectos éticos

A pesquisa atendeu aos preceitos éticos estabelecidos pela Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE, 2013), obtendo aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), sob o número CAAE: 58367422.10000.5188. Sendo as participantes do estudo devidamente informadas acerca da pesquisa, as que aceitaram participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Análise estatística

O material foi coletado a partir das atividades do Projeto de Extensão AMORA'S, organizado no pacote estatístico SPSS 25.0 para realização das análises estatísticas referentes a frequência absoluta e relativa e porcentagem (%).

RESULTADO

A amostra do presente estudo foi composta por 18 mulheres, com faixa etária entre 42 e 69 anos de idade. Na tabela 1 estão apresentadas as variáveis sociodemográficas selecionadas.

Tabela 1 – Frequência e porcentagem das variáveis aspectos sociodemográficos das participantes da pesquisa

Aspectos sociodemográficos		
Etnia	n	%
Parda	11	61,1
Branca	03	16,7
Indígena	01	5,5
Negra	03	16,7
Estado civil	n	%
Casada	09	50,0
Viúva	05	27,7
Divorciada	04	22,3
Religião	n	%
Católica	13	72,3
Evangélica	02	11,2
Espírita	01	5,5
“Cristã”	01	5,5
Não informou	01	5,5

Grau de instrução	n	%
1º grau	04	22,3
2º grau	06	33,3
3º grau	07	38,8
Não informou	01	5,5
Está trabalhando	n	%
Sim	4	22,2
Não	14	77,7
Ocupação	n	%
Professora	03	16,7
Enfermeira	01	5,6
Aux. Financeiro	01	5,6
Cuidadora	02	11,1
Aeroviária	01	5,6
Vendedora	01	5,6
Do lar	06	33,3
Aposentada	03	16,7
Renda econômica	n	%
1 Salário mínimo (SM)	07	38,9
Até 3 SM	03	16,6
Mais de 3 até 6 SM	03	16,6
Mais de 6 até 10 SM	03	16,6
Não informaram	02	11,1
IMC	n	%
Peso ideal	02	11,2
Acima do peso	11	61,1
Obesidade tipo I	03	16,7
Não informou	02	11,2

Dados da pesquisa

Em relação à *etnia*, **11** mulheres se declararam pardas, representando **61,1%** da amostra total. O estudo também foi composto por 03 mulheres brancas, correspondendo a **16,7%**, 01 mulher indígena, representando **5,5%**, e 03 mulheres negras, caracterizando 16,7% do grupo pesquisado.

Quanto ao *estado civil* das participantes do grupo, **09** mulheres eram casadas, o equivalente a **50%** do total, 05 mulheres viúvas (**27,7%**), e 04 mulheres divorciadas, totalizando **22,3%**. Quanto à religião das participantes, **13** mulheres eram católicas, representando 72,3% do grupo; 02 mulheres evangélicas, o correspondente a **11,2%**; 01 mulher espírita e 01 mulher cristã, ambas representando **5,5%** da amostra, cada. Uma única participante não informou a religião (**5,5%**).

No que se refere ao *grau de instrução*, as participantes apresentaram o seguinte quadro: e **07** mulheres com ensino superior completo (3º grau), representando um total de **38,8%** do grupo pesquisado, 06 mulheres concluíram o ensino médio (2º grau), correspondendo a **33,2%**, 04 mulheres com ensino fundamental completo (1º grau) (representando **22,3%**); uma participante não informou o grau de instrução (**5,5%**).

Com relação à *inserção no mercado de trabalho* temos o seguinte quadro: 14 participantes (**77,7%**) não estavam trabalhando e 04 (**22,2%**) sim, trabalhavam. E as

atividades profissionais destacadas foram: 03 Professoras (**16,7%**), 01 Enfermeira (**5,6%**), 01 Auxiliar financeiro (**5,6%**), 02 Cuidadoras (**11,1%**), 01 Aeroviária (**5,6%**), 01 Vendedora (**5,6%**), 06 Do lar (**33,3%**), 03 Aposentada (**16,7%**).

No que concerne a *renda econômica*, 07 mulheres informaram a renda familiar referente a 01 salário mínimos (**38,9%**), 03 mulheres recebiam até 03 SM (**16,6%**), 03 mulheres declararam mais de 03 até 06 SM (**16,6%**), 03 informaram uma renda de 06 até 10 SM (**16,6%**) e 02 não informaram (**11,1%**)

Acerca do *Índice de Massa Corporal (IMC)*, **11** mulheres apresentaram excesso de peso (**61,1%** da amostra); 03 mulheres se enquadram na categoria de obesidade tipo I (**16,7%**); e 02 mulheres apresentaram peso normal/ideal (**11,2%**). Duas (02) (**11,2%**) não informaram altura e peso, dados necessários para estabelecer seu IMC. Na tabela 2 estão detalhadas as variáveis relativas à Escala de Insônia de Atenas, com seus respectivos escores.

Tabela 2 - Frequência e porcentagem dos escore da Escala de insônia das participantes da pesquisa

Escore Total da Escala de Insônia de Atenas		
Faixa de Pontuação/Escore Total	N	%
0-5	8	44,3
6-10	3	16,7
11-15	4	22,3
16-20	2	11,2
21-24	1	5,5
Total	18	100,0

Dados da pesquisa: Pontuação acima de 06 - caracteriza insônia (SHAHID et al., 2012)

Após aplicação da Escala de Insônia de Atenas, verificou-se que **10** mulheres apresentaram escore igual ou superior a 6, atribuindo-se assim a caracterização do quadro de insônia. Logo, \pm **55,5%** da amostra total de participantes pesquisadas no grupo AMORA'S (2022.1 e 2022.2), demonstraram vivenciar a insônia durante a fase do climatério e menopausa.

Na tabela 3 estão discriminados os resultados referentes a cada uma das oito variáveis analisadas relativas à Escala de Insônia de Atenas, com seus respectivos escores.

Tabela 3 – Frequência e porcentagem das variáveis influenciadoras da escala de insônia das participantes da pesquisa

Resultados das oito variáveis da Escala de Insônia de Atenas n=18					
	0-Sem problema n= (%)	1-Problema Leve n= (%)	2-Problema moderado n= (%)	3-Problema intenso n= (%)	Não informado n= (%)
Indução do sono	4 (22,3)	4 (22,3)	5 (27,7)	3 (16,7)	2 (11,2)
Despertar durante a noite	2 (11,2)	9 (50,0)	3 (16,7)	2 (11,2)	2 (11,2)

Acordar mais cedo que o desejado	5 (27,7)	7 (38,8)	3 (16,7)	1 (5,5)	2 (11,2)
Duração total do sono	5 (27,7)	5 (27,7)	4 (22,3)	2 (11,2)	2 (11,2)
Qualidade do sono	6 (33,3)	2 (11,2)	6 (33,3)	2 (11,2)	2 (11,2)
Sensação de bem-estar durante o dia	7 (38,8)	4 (22,3)	3 (16,7)	2 (11,2)	2 (11,2)
Funcionamento físico e mental durante o dia	3 (16,7)	9 (50,0)	2 (11,2)	2 (11,2)	2 (11,2)
Sonolência diurna	3 (16,7)	8 (44,3)	4 (22,3)	1 (5,5)	2 (11,2)

Dados da pesquisa

A primeira variável analisada pela EIA, **indução do sono**, apresentou o seguinte resultado: 04 participantes (**22,3%** da amostra total) sem problema; 04 (**22,3%**) referiram possuir **problema leve**; 05 (**27,7%**) problemas **moderados**; 03 (**16,7%**) problemas **intensos**, e 02 mulheres (**11,2%**) não informaram.

Quanto à variável **despertar durante a noite**, 02 participantes (**11,2%**) sem problemas, 09 (**50,0%**) problemas **leves**; 03 (**16,7%**) problemas **moderados**, e 02 (**11,2%**) problemas **intensos**, 02 (**11,2%**) não informaram.

Quanto ao domínio **acordar mais cedo que o desejado**: 05 participantes (**27,7 %** da amostra total) sem problemas; 07 (**38,8%**) possuíam problemas **leves**; 03 (**16,7%**) problema **moderado**; 01 (**5,5%**) problemas **intensos**, e 02 (**11,2%**) não informaram.

Ao analisar a **duração total do sono**, 05 participantes (**27,7 %** da amostra total) sem problema; 05 (**27,7%**) possuíam problemas **leves**; 04 (**22,3%**) problema moderado; 02 (**11,2%**) problemas **intensos**, e 02 (**11,2%**) não informaram.

A **qualidade do sono** das participantes recebeu a seguinte caracterização: 06 mulheres (33,3% da amostra) sem problema; 02 (**11,2%**) possuíam problemas **leves**; 06 (**33,3%**) problemas **moderados**; 02 (**11,2%**) problemas **intensos**, e 02 (**11,2%**) não informaram.

Com relação à **sensação de bem-estar durante o dia**, 07 mulheres (**38,8%** da amostra) sem problema; 04 (**22,3%**) possuíam problemas **leves**; 03 (**16,7%**) problema **moderado**; 02 (**11,2%**) problemas **intensos**, e 02 (**11,2%**) não informaram.

O **funcionamento físico e mental durante o dia** das participantes do grupo foi caracterizado por 03 mulheres (**16,7%** da amostra) sem problema; 09 (**50,0%**) relataram problemas **leves**; 02 (**11,2%**) problemas **moderados**; 02 (**11,2%**) problemas **intensos**, e 02 (**11,2%**) não forneceram informações.

Quanto a **sonolência diurna**, 03 mulheres (**16,7%** da amostra) sem problema; 08 (**44,3%**) enfrentaram problemas **leves**; 04 (**22,3%**) problemas **moderados**; 01 (**5,5%**) problemas **intensos**, e 02 (**11,2%**) não forneceram informações.

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi identificar a presença do distúrbio do sono, em mulheres durante o período do climatério e menopausa integrantes do Projeto de Extensão AMORA'S. As participantes apresentaram um perfil social no qual se destacam características como: ser **parda, casada, católica**, com acesso ao **ensino universitário**, e a maioria (**77,7%**) **não estava inserida no mercado de trabalho**, com **renda familiar de um salário-mínimo**. Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio Contínua (PnadC), realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), para o 3º trimestre de 2022, do total da força de trabalho no Brasil, 44,0% eram mulheres, no entanto, elas eram também a maioria entre os desempregados (55,5%). O resultado aparece na taxa de desocupação: 11,0% para as mulheres e 6,9% para os homens, no mesmo período de análise. (DEESE, 2023)

Os resultados obtidos e apresentados na Tabela 2 no presente estudo, a partir da aplicação da Escala de Insônia de Atenas (EIA), demonstraram que **10** mulheres (**55,5%** da amostra), apresentaram algum grau de déficit no sono, caracterizando o quadro de insônia. Podendo estar relacionado a sintomatologia climatérica. Estudos realizados por Silva, Oliveira, Souza, Silva e Ykeda (2020), com 23 mulheres no período do climatério destacam que **61%** (n=14) tinham sintomas moderados e **41%** (n=9) sintomas leves referentes a essa fase do ciclo vital.

Ainda no estudo de Silva et al. (2020), foi observado que **64%** das mulheres (n=14) na fase do climatério apresentaram qualidade de sono ruim. É válido reforçar que, por se tratar de um estudo comparativo entre um grupo de mulheres na maturidade e outro de mulheres com ciclo menstrual regular, apenas as mulheres durante a fase do climatério foram avaliadas com a presença de distúrbios de sono. Cerca de **70%** das mulheres em ciclo regular (n=21) não apresentavam insônia clinicamente significativa, se enquadrando em insônia de leve a moderada.

Dados semelhantes também foram identificados no estudo de Lima, Rocha, Reis, Silveira, Caldeira, Freitas e Popoff (2019), que a partir de uma amostra composta por 819 mulheres climatéricas, estando a maioria delas na faixa etária entre 46 a 65 anos, constatou-se que a perda de qualidade do sono estava presente e/ou foi identificada em aproximadamente **67%** da amostra (n = 549), sendo ainda mais evidente e significativa nas mulheres pós-menopáusicas.

Foi reforçado ainda que fatores associados como a escolaridade têm demonstrado influência constante sobre a qualidade de sono durante a maturidade, sendo a baixa escolaridade, por vezes, um preditor determinante sobre a prevalência de distúrbios de sono nessa fase.

Ao observar as variáveis apresentadas na Tabela 3, observamos que 05 mulheres (**27,7%**) relatam problemas **moderados** para indução do sono, 09 (**50,0%**) informam complicações **leves** quanto ao despertar durante a noite; 07 (**38,8%**) declaram contratempo **leves** ao acordar mais cedo que o desejado; 06 (**33,3%**) relatam adversidades **moderada** quanto a qualidade do sono; 09 (**50,0%**) tem problemas **leve** quanto ao funcionamento físico e mental durante o dia; e 08 (**44,3%**) informam sonolência diurna **leve**. Sendo no geral esses comprometimentos estratificados em **leve a moderado**.

Durante o processo de transição da fase reprodutiva para a não reprodutiva definida pela cessação da menstruação (menopausa), que ocorre em média aos 51 anos, a mulher experimenta níveis hormonais flutuantes (hipoestrogenismo) e o surgimento de sintomas fisiológicos e psicológicos, como ondas de calor, alterações do humor, irritabilidade e labilidade emocional, atrofia urogenital, disfunção do ritmo sono-vigília, fadiga, que compromete o seu desempenho pessoal, profissional e social, impactando a

qualidade de vida. (BAKER; ZAMBOTTI; COLRAIN; BEI, 2018; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2008).

Outro achado importante encontrado no grupo AMORA'S, foi que 11 mulheres (61,1% da amostra) apresentavam excesso de peso e 03 (16,7%) obesidade tipo I, após calcular o Índice de Massa Corporal. Os resultados observados quanto a variável sobrepeso torna-se preocupantes à medida que pode estar vinculada ao risco aumentado para o desenvolvimento de morbimortalidades associadas como hipertensão, cardiopatias, diabetes, a própria apneia do sono, entre outras.

Estudos em laboratório mostraram que a restrição do sono relacionada a baixos níveis de *leptina* e altos níveis de *grelina*, o que pode aumentar a fome e, portanto, a ingestão calórica. (TAHERI; LIN; AUSTIN; YOUNG; MIGNOT, 2004). Também relacionado é o fato de que, a privação do sono aumenta a fadiga, resultando em diminuição dos níveis de atividade física e aumento do comportamento sedentário, reduzindo assim o gasto de energia. (MAGEE; HUANG; IVERSON; CAPUTI, 2010).

A literatura sugere que uma das consequências da perda da qualidade de sono (como uma noite de sono não reparador), é o favorecimento da predominância do sedentarismo, o que consequentemente pode explicar a prevalência do sobrepeso e da obesidade em mulheres no climatério que enfrentam o transtorno de insônia (PEREIRA e LIMA, 2015; FARIAS et al., 2014; GRAVENA et al., 2013).

Outro ponto importante é que a restrição do sono pode ativar o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, aumentando os níveis de cortisol, o que aumenta a ingestão de alimentos e leva ao acúmulo de gordura visceral. (MAGEE; HUANG; IVERSON; CAPUTI, 2010, LEPROULT R; VAN CAUTER E, 2010), CIZZA; REQUENA; GALLI; DE JONGE, 2011; KYROU; TSIGOS, 2009). Além disso, a melatonina pode mediar os efeitos do sono no peso corporal. A melatonina atua na regulação do ciclo circadiano sono vigília, o que impacta diretamente na regulação circadiana da ingestão alimentar, além de possuir ação regulatória sob a adipogênese e gasto energético, repercutindo no controle metabólico sistêmico. (OLIVEIRA; SANTOS; MELO, 2022)

Em meta-análise de estudo de coorte prospectivo realizada por Zhou, Zhang e Hu (2019) revelou uma relação curvilínea em forma de "J" reverso entre a duração do sono e o risco de obesidade, com menor risco para pessoas que dormem de 7 a 8 horas de sono por dia, enfatizando que a curta duração do sono aumentou significativamente o risco de obesidade, mas a longa duração não aumentou o risco. Comparando com 7 horas por dia, cada redução de 1 hora levou a um aumento de 9% no risco de obesidade.

O referido resultado corrobora também com os achados do estudo de Lima et al. (2019), bem como de Steiner, Azevedo, Bonacordi, Barros, Strufaldi e Fernandes (2015), onde é evidenciado que os aspectos clínicos, em especial as características antropométricas das mulheres na maturidade e que enfrentam distúrbios de sono, são caracterizadas pela prevalência do sobrepeso ou da obesidade.

Assim como os dados do estudo realizado por Fogaça, Silva, Theodoro, Mendes e Olinto (2019), com 201 mulheres na faixa etária dos 44 a 65 anos que apresentavam obesidade, com o HDL (*High-density lipoprotein* lipoproteína responsável por transportar o colesterol ruim), baixo e presença de síndrome metabólica.

Na pesquisa realizada por Corrêa, Bittencourt, Tufik e Hachul (2014) constituída por 34 mulheres com idades entre 50 e 70 anos, ao avaliar espontaneamente as pacientes quanto às principais queixas relacionadas a qualidade do sono, foi encontrado que o ronco (53,3% das pacientes com sobrepeso e 47,6% das pacientes com obesidade) e a insônia (50% do grupo sobrepeso e 50% do grupo obesidade) são os sintomas mais frequentes e que desencadeiam o consecutivo comprometimento a qualidade de sono e de vida dessas mulheres.

Sendo assim, os achados reforçam e evidenciam a associação existente entre os distúrbios do sono, o sobrepeso e a obesidade em mulheres no climatério e menopausa, além de enfatizarem a preocupação quanto aos riscos e problemas de saúde que podem ser enfrentados pelas mulheres durante essa fase de transição, que podem culminar, por exemplo, no conseqüente comprometimento da qualidade de vida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados evidenciados são consistentes com a literatura, onde a população estudada, mulheres na etapa da vida do climatério e menopausa, experimentam mudanças metabólicas que influenciam a qualidade de sono e que podem comprometer a saúde como um todo, haja visto, o efeito dominó que uma noite mal dormida pode provocar ao longo do dia no aspecto físico e mental.

A identificação desse aspecto em particular, como o TS-I, nos leva a propor o reforço em medidas de educação e saúde, na manutenção da qualidade de vida, como a prática de atividades físicas que podem contribuir no manejo desse distúrbio.

Diante do exposto, é importante reforçar a necessidade da realização de novos estudos que explorem, ampliando tanto questões físicas (de natureza fisiológicas) quanto aspectos subjetivos, os impactos da privação do sono sobre as funções cognitivas superiores que envolvem esse tema, que é tão relevante e atinge tantas mulheres pelo mundo.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ACADEMY OF SLEEP MEDICINE (AASM). **International Classification of Sleep Disorders**. 3. ed. Darien IL: American Academy of Sleep Medicine. v. 146, n. 5, p. 1387-1394, 2014. doi: 10.1378/chest.14-0970

Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25367475/> Acesso em: 16 jul.2023.

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION (APA). **Diagnostic and statistical manual of mental disorders, text revision (5th ed.)**. (DSM-5-TR) American Psychiatric Association. 2022 Disponível em: <https://www.psychiatry.org/psychiatrists/practice/dsm> Acesso em 17 jul.2023.

BACELAR, A; PINTO JR, L. R.& Colaboradores. **Insônia: do diagnóstico ao tratamento** / [Andrea Bacelar, Luciano Ribeiro Pinto Jr. [coordenação geral]. – São Caetano do Sul, SP: Difusão Editora; São Paulo: Associação Brasileira do Livro, 2019. Disponível em: https://absono.com.br/wp-content/uploads/2021/03/consenso_insonia_sono_diagnostico_tratamento.pdf Acesso em: 16 jul.2023.

BAKER, F. C; ZAMBOTTI, M.; COLRAIN, I. M.; BEI, B. Sleep problems during the menopausal transition: Prevalence, impact, and management challenges. *Nature and Science of Sleep*. n. 10, p.73–95, 2018. Disponível em: <https://www.dovepress.com/get-file.php?fileID=40482> Acesso em: 16 jul.2023.

BASTOS, A. B. Z. B. I. A técnica de grupos-operativos à luz de Pichon-Rivière e Henri Wallon. **Psicólogo informação**. ano 14, n. 14, jan./dez. 2010. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/psicoinfo/v14n14/v14n14a10.pdf> Acesso em: 16 jul.2023.

CORRÊA, K. M.; BITTENCOURT, L. R. A.; TUFIK, S; HACHUL, H. Frequência dos distúrbios de sono em mulheres na pós-menopausa com sobrepeso/obesidade. **Revista**

Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia. v. 36, n. 2, p.90-6, 2014. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-704273> Acesso em: 16 jul.2023.

CIZZA, G; REQUENA, M; GALLI, G; DE JONGE, L. Chronic sleep deprivation and seasonality: implications for the obesity epidemic. **Journal of Endocrinological Investigation.** v. 34, n. 10, p. 793–800. 2011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3297412/pdf/nihms348235.pdf>

Acesso em 24 jul. 2023.

CID 11 - World Health Organization (WHO). (2019). International classification of diseases (11th ed.). World Health Organization. Disponível em: <https://icd.who.int/en>

Acesso em: 17 jul.2023.

CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE - Resolução 466 - CNS que trata de pesquisas em seres humanos e atualiza a resolução 196. [14 junho 2013]. Disponível em: https://conselho.saude.gov.br/ultimas_noticias/2013/06_jun_14_publicada_resolucao.html Acesso em 11 junho 2023.

DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **Boletim Especial - 8 de março - Dia Da Mulher.** As dificuldades das mulheres chefes de família no mercado de trabalho. Março, 2023. Disponível em: <https://www.dieese.org.br/boletimespecial/2023/mulheres2023.pdf> Acesso em 16 julho 2023. Acesso em: 16 jul.2023.

FARIA, E. R; FARIA, F. R; FRANCESCHINI, S. C. C; PELUZIO, M. C. G; SANT’ANA, L. F. R. *et al.* Resistência à insulina e componentes da síndrome metabólica, análise por sexo e por fase da adolescência. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia.** v. 58, n. 6, p. 610-618, 2014. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-721388> Acesso em: 16 jul.2023.

FEBRASGO - Federação Brasileira das Associações de Ginecologia e Obstetrícia. **Manual de orientação Climatério,** 2010. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5195884/mod_resource/content/1/Manual_Climaterio.pdf Acesso em: 16 jul.2023.

FOGAÇA E SILVA, E.M; THEODORO, H; MENDES, K. G; OLINTO, M. T. A. Prevalência de obesidade em mulheres na pós-menopausa atendidas em um ambulatório no sul do Brasil. **RASBRAN - Revista da Associação Brasileira de Nutrição.** São Paulo, SP, Ano 10, n. 1, p. 46-52, Jan-Jun. 2019 - ISSN 2357-7894 (online) Disponível em: <file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/663-Texto%20do%20artigo-4207-4216-10-20190827.pdf> Acesso em 23 jul. 2023.

GRAVENA, A.A.F; ROCHA, S.C; ROMEIRO, T. C; AGNOLO, C.M.D; *et al.* Sintomas climatéricos e estado nutricional de mulheres na pós-menopausa usuárias e não usuárias de terapia hormonal. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia.** v. 35, n. 4, p. 178-184, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbgo/a/kcCXLyfrzrwjw5Vr44Cj9j7n/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 16 jul.2023.

HA, B; KIM, J; SO, W-Y; SEONHO KIM, S. Effects of Nonpharmacological Interventions on Sleep Quality and Insomnia in Perimenopausal and Postmenopausal Women: A Meta-Analysis. **Healthcare** 2023, 11, 327. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9914174/> Acesso em: 16 jul.2023.

KYROU, I; TSIGOS, C. Stress hormones: physiological stress and regulation of metabolism. **Current Opinion in Pharmacology**. v. 9, n. 6, p. 787–793. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1471489209001313>

Acesso em: 24 jul. 2023

KIM, J.; A. H. N, S. Impact of menopausal status, metabolic syndrome and its risk factors on impaired quality of life above middle-aged women. **Korean Journal of Women Health Nursing**. v. 22, p.275–286, 2016. Disponível em: <https://kjwhn.org/journal/view.php?doi=10.4069/kjwhn.2016.22.4.275> Acesso em: 16 jul.2023.

LEPROULT R; VAN CAUTER E. Role of sleep and sleep loss in hormonal release and metabolism. *Endocrine Development*. v. 17, p. 11–21. 2010

Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3065172/pdf/nihms-280752.pdf>

Acesso em 24 jul.2023.

LIMA, A. M; ROCHA, J.S.B; REIS, V.M.C.P; SILVEIRA, M. F; *et. al.* Perda de qualidade do sono e fatores associados em mulheres climatéricas. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**. v. 24, n. 7, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/DvyPVTRh79y77cnKS6jzykb/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 16 jul.2023.

LOBOS-RIVERA, M. E; FLORES-MONTERROSA, A. N; GUTIÉRREZ-QUINTANILLA, J. R; FLAMENCO-CORTEZ, M. Propiedades psicométricas de la Escala Atenas de Insomnio en una muestra de adultos salvadoreños.

Revista entorno, n. 73, pp. 45-56, junio 2022. Disponível em: <https://www.lamjol.info/index.php/entorno/article/view/14417> Acesso em: 16 jul.2023.

MANUAL DIAGNÓSTICO E ESTATÍSTICO DE TRANSTORNOS MENTAIS: DSM-IV. 2002. Disponível em: <https://ria.ufrn.br/jspui/handle/123456789/1212> Acesso em 24 jul.2023.

MAGEE, C. A; HUANG, X. F; IVERSON, D. C; CAPUTI, P. Examining the pathways linking chronic sleep restriction to obesity. *Journal of Obesity*. 2010:

1–8. Disponível em:

[file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/Examining the Pathways Linking Chronic Sleep Restr.pdf](file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/Examining%20the%20Pathways%20Linking%20Chronic%20Sleep%20Restr.pdf) Acesso em 24 jul. 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Manual de Atenção à Mulher no Climatério / Menopausa**. Brasília: Ministério da Saúde; 2008. Disponível em: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/manual_atencao_mulher_climaterio.pdf Acesso em: 16 jul.2023.

NYHUIS, C. C.; MENDONZA, J. F. Insomnia nosology: a systematic review and critical appraisal of historical diagnostic categories and current phenotypes. **Journal of Sleep**

Research, 2023. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jsr.13910>. Acesso em: 16 jul.2023.

OHAYON, M. M. Severe Hot Flashes Are Associated with chronic insomnia. **The Archives of Internal Medicine**. v. 166, n. 12, 1262–1268, 2006. Disponível em: <file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/loi60022.pdf> Acesso em: 16 jul.2023.

OLIVEIRA, N. S. R; SANTOS, M. E. A; MELO, N. C. O. Regulação circadiana do sono através da suplementação de melatonina e impacto no manejo clínico do excesso ponderal. **RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR**. v.3, n.1, 2022. ISSN 2675-6218. Disponível em <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/1022>. Acesso em 24 jul. 2023.

PEREIRA, D. C. L; LIMA, S. M. R.R. Prevalência de sobrepeso e obesidade em mulheres após a menopausa. **Arquivos Médicos dos Hospitais da Faculdade e da Ciências Medicas da Santa Casa São Paulo**. v. 60, p. 1-6, 2015. Disponível em: <https://arquivosmedicos.fcmsantacasasp.edu.br/index.php/AMSCSP/article/view/158> Acesso em: 16 jul.2023.

SHAHID, A. WILKINSON, K; MARCU, S. SHAPIRO, C. M. [editor]. STOP, THAT and One Hundred Other Sleep Scales. Springer **Science Business Media**, LLC 2012. DOI 10.1007/978-1-4419-9893-4_5. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-9893-4> Acesso em: 16 jul.2023.

SILVA, C.S; OLIVEIRA, B.C; SOUZA, S. M. O; SILVA, H. G. N; YKEDA, D. S. Estudo comparativo da qualidade do sono e insônia entre mulheres no climatério e com ciclo menstrual regular. **Revista Pesquisa em Fisioterapia**. v.10, n. 2, p.163-171, 2020. Disponível em: <https://www5.bahiana.edu.br/index.php/fisioterapia/article/view/2779> Acesso em: 16 jul.2023.

STEINER, M. L; AZEVEDO, L.H; BONACORDI, C. L; BARROS, A. Z; *et al.* Avaliação de consumo alimentar, medidas antropométricas e tempo de menopausa de mulheres na pós-menopausa. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**. v. 37, n. 1, p.16-2, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbgo/a/t9w3dvgGj3SBYtbK999Jxvk/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 16 jul.2023.

TAHERI S; LIN L; AUSTIN D; YOUNG T; MIGNOT E Short sleep duration is associated with reduced leptin, elevated ghrelin, and increased body mass index. **PLOS Medicine**. v.1, n. 3, p. e62, 2004. Disponível em: <file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/pmed.0010062.pdf> Acesso em 24 jul.2023.

ZHOU, Q; ZHANG, M; HU, D. Dose-response association between sleep duration and obesity risk: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. **Sleep and Breathing**. Springer Nature Switzerland AG March 2019

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11325-019-01824-4> Acesso em: 24 jul. 2023.

INDICADORES FÍSICOS DA QUALIDADE DO SOLO EM BACIAS DE RETENÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO

Marcelo Tsuyoshi Haraguchi¹
Marta Pereira da Luz²
Vlândia Correchel³
Nori Paulo Griebeler⁴
Felipe Corrêa Veloso dos Santos⁵
Alexandre Garces de Araújo⁶
Fernando Ernesto Ucker⁷

RESUMO

O estudo do índice de qualidade física do solo é essencial para compreender o seu comportamento e potencialidades quanto ao uso do solo. Assim, este estudo teve como objetivo analisar os indicadores físicos associados à bacia de retenção de sedimentos de estrada não pavimentada de um Latossolo Vermelho Distrófico. No local de estudo foram construídas 24 bacias de retenção. Relacionou-se quatro tratamentos com seis repetições para o canal e a bacia de retenção. Aleatoriamente, 6 bacias de retenção foram selecionadas com diferentes arranjos ou tratamentos para determinar os indicadores físicos de qualidade do solo. Nas bacias foram coletadas amostras indeformadas em profundidade 0-5 cm. Após coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório de física do solo da Universidade Federal de Goiás. Foram analisados os seguintes parâmetros físicos na Bacia. Para as determinações físicas foram realizadas textura, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, retenção de água na capacidade de campo. Após isso procederam-se análises descritivas das variáveis em cada tratamento com o intuito de verificar o padrão de comportamento de distribuição das variáveis estudadas. Para viabilizar a comparação entre as bacias e o conjunto de variáveis envolvidas, foi feita análise multivariada pelo método de agrupamento de Ward, com auxílio do aplicativo computacional PAST versão 2,08b. Conforme a dinâmica de produção de finos, as bacias de retenção cumpriram a função de reter material, bem como captar água não infiltrada pela estrada. Com base nos parâmetros avaliados o melhor tratamento foi a pré bacia com canal vegetado.

Palavras-chave: captação de água; finos; selamento; erosão.

PHYSICAL INDICATORS OF SOIL QUALITY IN RETENTION BASINS IN DYSTROPHIC RED OXISOIL

ABSTRACT

Studying the rate of the soil physical quality is essential to understand its behavior and potential when it comes to its use. Therefore, this study aims to analyze the physical rates associated to sediment retention basin of non-paved road of a Dystrophic Red Oxisoil. In the study place 24 retention basins were built. Four treatments with six repetitions were related to the canal and to the retention basin. Randomly, 6 retention basins were selected with different arrangements or treatments to determine the soil physical quality rates. Non-deformed samples were collected in the basins 0-5 cm depth. After collection, the samples were taken to the soil physics laboratory of the Federal University of Goiás. In the basin, the following physical parameters were analyzed. For the physical definitions, texture, particle density, soil density, total porosity and water retention in field capacity were performed. After that, descriptive analysis were performed for each treatment variable aiming to verify the behavior pattern of the studied variables distribution. To enable the comparison between the basins and the variable set, it was performed the multivariate analysis based on the Ward method, with the help of the computational application PAST, 2,08b version. According to the fine production dynamics, the retention basins performed their material retention function, and also caught the water that was not seeped into the road. Based on the evaluated parameters, the best treatment was pre basin with vegetaged canal.

Keywords: water capture; thin; sealing; erosion.

Recebido em 28 de agosto de 2023. Aprovado em 11 de dezembro de 2023

¹ PUC-GO, Escola Politécnica e de Artes, E-mail: haramt@yahoo.com.br

² PUC-GO, Escola Politécnica e de Artes, E-mail: marta.eng@pucgoias.edu.br

³ UFG, Escola de Agronomia, E-mail: vladiacorrechel@hotmail.com

⁴ UFG, Escola de Agronomia, E-mail: nori@ufg.br

⁵ PUC-GO, Escola Politécnica e de Artes, E-mail: felipesantos@pucgoias.edu.br

⁶ UEG, Engenharia Civil, E-mail: alexandregarces@gmail.com

⁷ Centro Universitário Araguaia, Goiânia. E-mail: ferucker@gmail.com

INTRODUÇÃO

O conceito de “solo” é amplo e, dependendo do interesse em utilizar esse recurso, sua forma natural possui um amplo leque de possibilidades de uso. Para a pedologia, em particular, são utilizadas as seguintes definições: os solos são objetos naturais, dinâmicos, compostos por três partes (sólido, líquido e gasoso), tridimensionais e independentes, compostos por materiais minerais e orgânicos, organizados em camadas de profundidades variadas desde os fatores de estratos, com foco nos efeitos biológicos e climáticos ao longo do tempo para um determinado material de origem e determinadas condições topográficas (Santos *et al.*, 2005; Resende *et al.*, 2007; Souza *et al.*, 2021). As partículas da fase sólida variam em tamanho, forma e composição química, e se combinam em várias configurações possíveis para formar a chamada matriz do solo.

Quando o solo apresenta boa retenção de água, boa aeração, bom aporte de calor e pouca resistência ao crescimento das raízes, é considerado fisicamente um solo ideal para o crescimento das plantas. Também estão incluídas a boa estabilidade de agregados e boa infiltração de umidade no solo (Reinert; Reichert, 2006). No entanto, algumas práticas de manejo do solo e das culturas levam a mudanças nas propriedades físicas do solo que podem ser permanentes ou temporárias. A avaliação da qualidade física dos solos é considerada essencial para a manutenção e/ou sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola. Nesse sentido, os efeitos do uso e manejo na qualidade física do solo têm sido quantificados, utilizando diferentes propriedades físicas dos solos como: compactação do solo (Müller *et al.* 2001, Gonçalo Filho *et al.*, 2018), densidade (Alves *et al.*, 2007; Fagundes *et al.*, 2019) e resistência dos solos à penetração (Blainski *et al.*, 2008, Gonçalo Filho *et al.*, 2018).

Müller *et al.* (2001) realizaram trabalho em Botucatu - SP para verificar o efeito da adubação verde de inverno (ervilhaça, nabo forrageiro, tremoço branco, aveia preta e aveia branca) em quatro perfis de solo, à medida que o grau de compactação da sub superfície aumenta. Verificaram aumento da compactação do solo e aumento do comprimento da raiz e da matéria seca acima e diminuição em relação a camada compactada, permitindo que o sistema radicular da planta se concentre mais próximo da superfície. Concluíram que o nabo forrageiro e a aveia preta funcionam bem como material para melhorar as propriedades do solo com compactação subsuperficial, mostrando vigor de crescimento radicular dentro e abaixo da camada compactada do solo. No entanto, os autores ressaltam que esses resultados devem ser verificados em campo em diferentes climas e condições do solo.

Alves *et al.* (2007) e Mangieri *et al.* (2019) avaliaram a recuperação de propriedades de Latossolos Vermelhos distróficos, utilizando materiais retirados da terraplanagem e nas fundações da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, sendo a densidade do solo e a taxa de infiltração de água como indicadores de qualidade física. Os experimentos foram delineados em blocos casualizados com 5 repetições e 5 tratamentos, e a densidade do solo foi avaliada antes da implantação dos tratamentos e 356 dias após os tratamentos. Concluíram que a adição de lodo de esgoto e adubação verde melhorou a qualidade do solo, e que a densidade do solo e a infiltração de água foram bons indicadores para avaliar essas melhorias.

Blainski *et al.* (2008) e Silveira (2022) realizaram um trabalho no município de Paranaíba, na região noroeste do Estado do Paraná, para quantificar curvas de resistência à infiltração do solo de Latossolo Vermelho distrófico sob diferentes usos e sistemas de manejo e usos do solo (CRS) e descrever a degradação física do solo. Quatro áreas foram selecionadas com base em diferentes tipos de uso e manejo da terra: floresta estacional semidecidual; solo sob pastagem com *Brachiaria*; solo sob pomar de laranja; solo para culturas anuais de milho, sorgo e aveia. Os autores mostraram que o uso de pastagens e agricultura (integração agropastoril) em um sistema de rotação de culturas planejada pode constituir uma alternativa tecnicamente viável para restaurar parcialmente a qualidade física do solo. Confirmaram ainda

que, em solos compactados, onde o controle da qualidade física depende da disponibilidade hídrica, a redução da resistência à penetração (RP), pela redução da densidade por métodos que incrementam a porosidade, é um método alternativo para manter a RP em níveis não impeditivos às plantas.

Estes trabalhos mostram, portanto, que a qualidade física do solo pode ser avaliada por alguns indicadores físicos do solo, como densidade, porosidade, resistência do solo à penetração e teor de água. A importância de conhecer o comportamento físico do solo está relacionada ao seu uso e manejo adequados, incluindo o preparo e proteção do solo e da água. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi determinar indicadores físicos da qualidade do solo para usos múltiplos e avaliar a eficiência das bacias de retenção sob Latossolo Vermelho Distrófico.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo (Figura 1) está localizada em um terreno particular adjacente à estrada não pavimentada Copaíba com a GO-462, a aproximadamente 3,5 km da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. A estrada possui total de 600 m de comprimento e cinco metros de largura, subdividida com lombada de 20 em 20 m. Para cada subdivisão de 100 m² de área da bacia foi direcionado um tipo de tratamento. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico com relevo suave ondulado, a 771,0 m acima do nível do mar. De acordo com a classificação proposta por Köppen, o clima da região é classificado como tropical quente, com chuvas de verão e inverno seco Aw. A temperatura média máxima anual é de 30,4°C e a mínima é de 15,2°C. A umidade relativa média anual é de 63% (Luiz et al., 2019), e a precipitação média anual de 1.460 mm (Casaroli et al., 2018). A principal vegetação da área de estudo é a pastagem, formada principalmente pela pastagem *Brachiaria decubens* cv. Basilisk, sendo ocupados por animais de grande porte para a pecuária leiteira. A estrada não pavimentada tem tráfego diário intenso, com carros leves e alguns veículos médios e pesados.

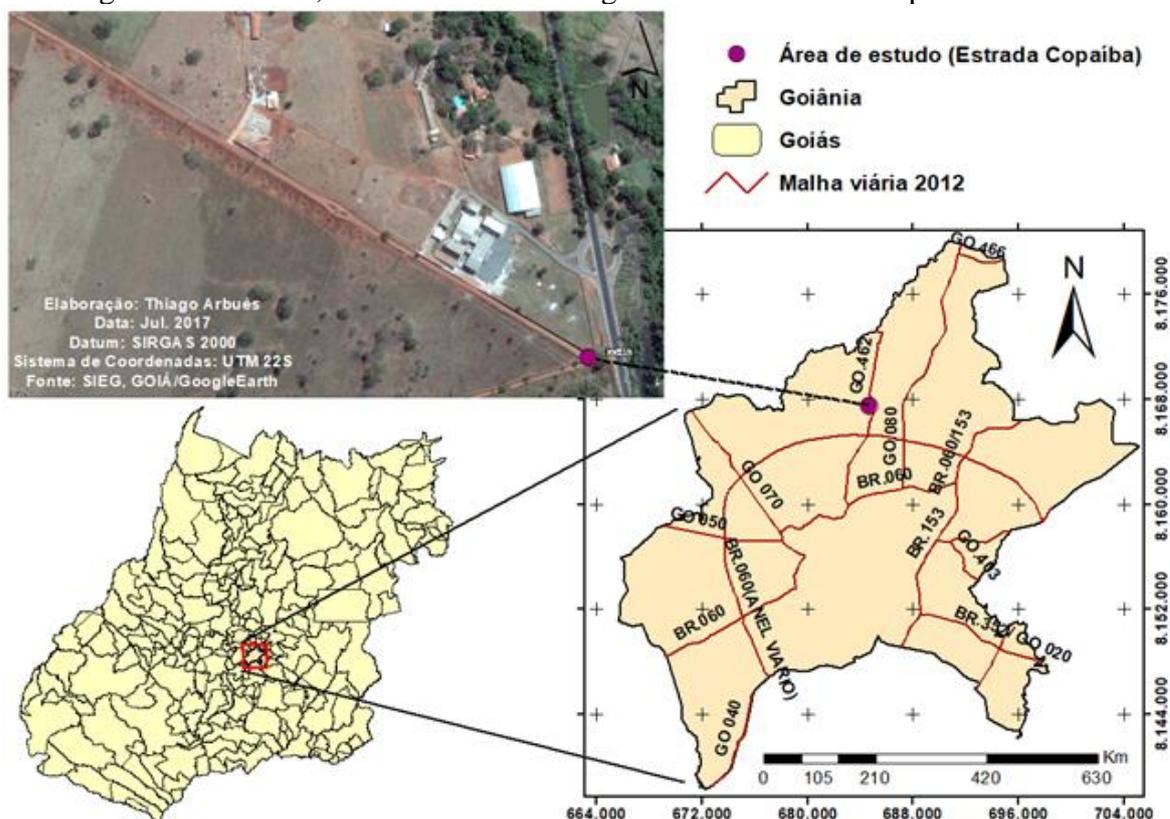


Figura 1. Localização da área de estudo – Bacias de retenção adjacentes à estrada não pavimentada Copaíba com a GO-462.

Bacias de retenção e tratamentos

No local de estudo foram construídas 24 bacias de retenção com base e pluviômetro instalado a altura de 1,5 m do solo (16° 33'57"S e 49°16'24"O) no local das bacias. Foram relacionados quatro tratamentos com seis repetições para o canal e a bacia de retenção (Figura 2): 1 – canal sem vegetação e ligado a bacia de retenção (testemunha e comumente utilizado), 2 – canal vegetado com grama batatais (*Paspalum notatum*), ligado a bacia de retenção, 3 – canal sem vegetação ligado a uma pré bacia de sedimentação e depois ligado a bacia de retenção e 4 – canal vegetado com grama batatais (*Paspalum notatum*), ligado a uma pré bacia de sedimentação e depois ligado a bacia de retenção.

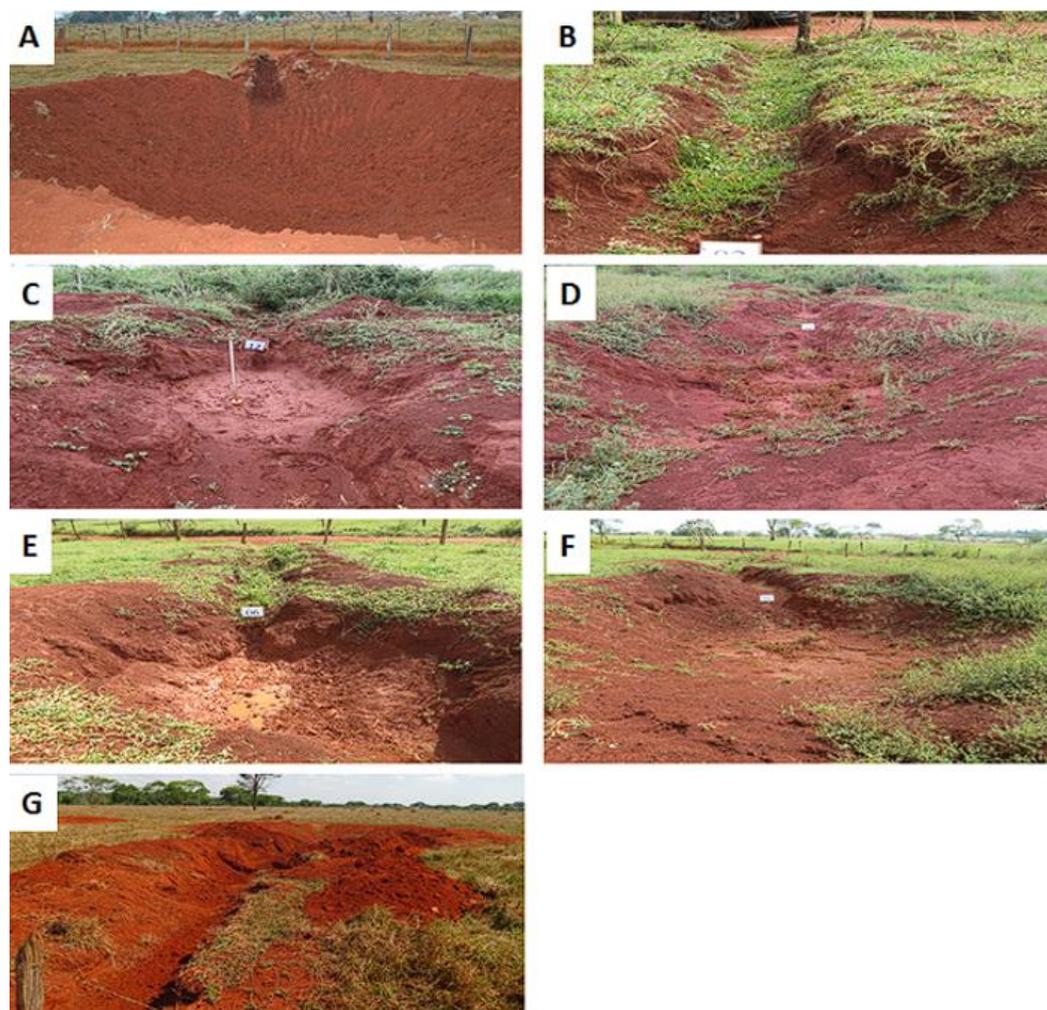


Figura 2. Tratamentos utilizados na pesquisa: Canal não vegetado ligado a bacia (A), canal vegetado ligado a bacia (B), canal não vegetado ligado a bacia (C) e pré-bacia(D), canal vegetado ligado a pré-bacia (E) e bacia (F) e canal executado (G).

Foram selecionadas, aleatoriamente, 6 bacias de retenção com diferentes arranjos ou tratamentos para determinar os indicadores físicos de qualidade do solo (Tabela 1). Para o estudo, foi considerado o período de setembro de 2016 a abril de 2017, com 497,96 mm de precipitação acumulado.

O comprimento da estrada ligada às 24 bacias de retenção é de 480,9 m e a largura média foi de 4,8 m. A distância entre as bacias foi de 20 metros, conforme Figura 3. Na via foi colocado um obstáculo (meia corcunda) para direcionar o sedimento e a água produzidos até o canal que liga a estrada à bacia. O comprimento do canal foi de 10 metros em um canal vegetado

e não vegetado nas bacias sem pré-bacia. No entanto, o comprimento do canal foi de 5 m para as bacias com pré-bacia e canal vegetado. A largura do canal foi de 0,80 m. O canal vegetado foi plantado com grama Batatais (*Paspalum notatum*).

Tabela 1. Tratamentos analisados nas 6 bacias de retenção selecionadas.

Bacia escolhidas	Coordenadas de cada Bacia	Tratamentos
11	16°33'56" S e 49°16'16"O	Canal vegetado
21	16°34'02" S e 49°16'11"O	Canal vegetado
18	16°34'01" S e 49°16'12"O	Canal sem vegetação
19	16°34'01" S e 49°16'12"O	Canal sem vegetação
17	16°34'00" S e 49°16'13"O	Pré-bacia e canal vegetado
24	16°34'02" S e 49°16'09"O	Pré-bacia e canal vegetado

Coleta e preparo das amostras

A Figura 3 ilustra o esquema de coleta de solo dentro da bacia e bacias de pré-retenção da Bacia 18, com e sem canais vegetados. A coleta do solo foi dividida em três locais, sendo elas (1) fundo da bacia; (2) saída do canal e (3) no meio da bacia. Em cada um desses locais, três amostras indeformadas foram coletadas, ou seja, três repetições, a uma profundidade de 0-5 cm. O método de coleta das amostras ressalta a autenticidade e originalidade como método alternativo para analisar o comportamento da retenção de água e sedimentos em toda a bacia. Obviamente, o fundo da bacia é a parte onde mais sedimentos são trazidos por estradas não pavimentadas. A coleta do solo foi realizada durante a estação chuvosa (entre janeiro e abril) de 2017, pois, fora desta época, a região possui precipitação insuficiente para proporcionar a realização do estudo em questão.

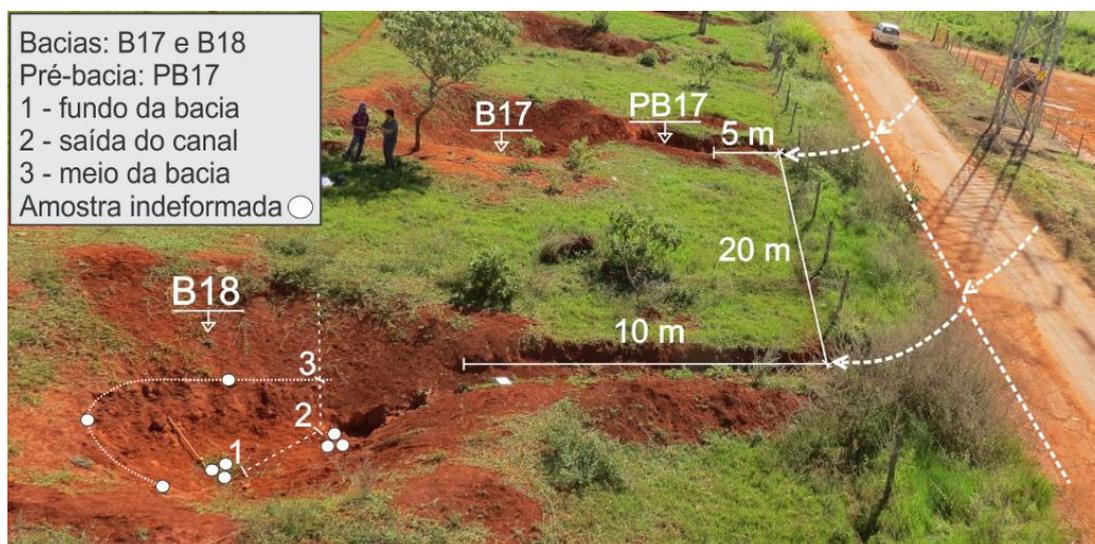


Figura 3. Esquema do perfil de coleta de solo – amostragem indeformada.

Para cada tratamento foram retiradas 9 amostras indeformadas em anéis volumétricos de aço inox, com 0,053 m de altura média e 0,043 m de diâmetro médio. O volume dos solos foi acertado e fechado com pano multiuso e liga de borracha em uma das extremidades, obedecendo o fluxo de retirada. Foram pesados e levados a uma bandeja para serem embebidos em água para iniciar o processo de saturação. Após 24 horas foi verificado se as amostras indeformadas saturaram. Caso contrário, adicionou-se mais água na bandeja. Os anéis foram pesados em três condições distintas: antes da saturação do solo para se obter a massa úmida;

após a saturação para conhecer a massa do solo saturado e após a secagem em estufa a 105 °C por 24 horas para se obter a massa seca e determinar a umidade do solo em cada amostra.

A amostragem deformada também foi realizada coletando-se 1.500 cm³ em cada local do perfil de coleta do solo (Figura 3). Cada monólito possuía cerca de 2 kg de solo. No laboratório de física do solo da Universidade Federal de Goiás (UFG), os monólitos foram suavemente quebrados para auxiliar na secagem ao ar (TFSA). Após 24 horas, parte do solo passou por um conjunto de peneiras (8, 4 e 2 mm). De cada monólito foi aferido exatamente 100 gramas para determinar o teor de umidade do solo (%), da mesma forma com os anéis volumétricos.

Parâmetros Físicos (Indicadores físicos de qualidade do solo)

Foram analisados os seguintes parâmetros físicos na Bacia: diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), agregados maiores de 2mm (AGRE); índice de estabilidade de agregados (IEA), densidade do solo (DS), densidade de partículas (DP), porosidade total calculada (PTc), porosidade total determinada (PTd), microporosidade (Mi), macroporosidade (Ma), grau de flocculação (GF), condutividade hidráulica saturada (KSAT).

Para as determinações físicas foram realizadas textura, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, retenção de água na capacidade de campo, realizadas segundo método descrito em Embrapa (2011).

Análise Estatística

Foram realizadas análises descritivas das variáveis em cada tratamento com o intuito de verificar o padrão de comportamento de distribuição das variáveis estudadas (TRIOLA, 2005). Para viabilizar a comparação entre as bacias e o conjunto de variáveis envolvidas, foi feita análise multivariada pelo método de agrupamento de Ward, com auxílio do aplicativo computacional PAST versão 2,08b (Hammer et al., 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados (Tabela 2) encontrados mostram as mudanças físicas no solo encontradas no campo. Destas, as mudanças mais relevantes estão relacionadas à textura, o que também é confirmado na Figura 4, no Triângulo Textural Americano. De acordo com o SiBCS (2013), dentro dos critérios de classificação de solos, os latossolos apresentam B latossólico e o teor de argila aumenta de A para B. Ainda no SiBCS, a relação silte/argila deve ser inferior a 0,7 em solos de textura média e inferior a 0,6 em solos de textura argilosa. No solo em questão, a proporção é de 6,52, o que indica uma mudança drástica no material e na deposição de areia oriunda do ponto mais alto do relevo.

Tabela 2. Principais indicadores físicos estudados.

IQ*	BCV		BSV		BSV+PBSV		PAST	
DMP	1,81	± 0,14	2,24	± 0,11	2,01	± 0,25	4,51	± 0,17
DMG	1,19	± 0,15	1,82	± 0,22	1,43	± 0,31	3,52	± 0,23
%agreg>2mm	50,2	± 5,22	62,46	± 3,89	53,92	± 10,85	70,01	± 6,65
IEA	88,81	± 1,04	92,13	± 0,45	91,29	± 1,55	92,82	± 1,01
DS	1,34	± 0,04	1,33	± 0,02	1,28	± 0,09	1,21	± 1,27
DP	2,63	± 0,03	2,66	± 0,02	2,65	± 0,05	2,65	± 0,03
Ptdeterminada	0,59	± 0,02	0,57	± 0,01	0,59	± 0,03	0,47	± 0,43
MIC	0,46	± 0,02	0,42	± 0,01	0,42	± 0,04	0,12	± 0,12
MAC	0,13	± 0,01	0,15	± 0,01	0,18	± 0,04	0,35	± 0,31
G.F	76,68	± 2,58	83,35	± 2,4	82,17	± 7,95	85,32	± 2,47

KSAT $27,67 \pm 8,7$ $54,49 \pm 18,87$ $51,59 \pm 14,96$ $158,9 \pm 44,4$

Bacias: BCV – Bacia com Canal Vegetado; BSV – Bacia com canal Sem Vegetação; BSV+PBCV – Bacia com canal Sem Vegetação com Pré Bacia com Canal Vegetado; PAST – Pastagem (área adjacente); DMP: diâmetro médio ponderado, DMG: diâmetro médio geométrico, AGRE: agregados maiores 2mm,; IEA: índice de estabilidade de agregados, Ds: densidade do solo, DP: densidade de partículas, PTC: porosidade total calculada, PTd: porosidade total determinada, Mi: microporosidade, Ma: macroporosidade, GF: grau de floculação, KSAT: condutividade hidráulica saturada.

A produção de sedimentos tem grande potencial para estudar a degradação e o manejo dos recursos naturais, pois podem estimar os impactos das atividades agrícolas (Roffe, 2012; Silva, 2020). Na Tabela 2, observa-se variações atípicas, uma vez que a deposição de sedimentos ressalta a possibilidade de utilizar a análise de textura como estimativa. Rodrigues et al. (2013) e Dorneles et al. (2019) discutiram a geração de sedimentos em microbacias hidrográficas, corroborando com os resultados da Tabela 2.

Os dados acumulados de distribuição de chuva para janeiro de 2016 foram registrados em 432,2 mm, o que é bem diferente dos 141,2 mm em 2017. No entanto, este primeiro teve mais chuvas torrenciais, o que resultou em aumento do escoamento (runoff). No caso de áreas urbanas parcialmente a totalmente impermeáveis, a permeabilidade diminui devido ao aumento da densidade de partículas, gerando um elevado escoamento superficial e conseqüentemente alto índice de partículas nas bacias de retenção. Resultados equivalentes foram ratificados por trabalhos como os de Nunes, Fiori e Firpo (2011) e Hamza e Anderson (2005).

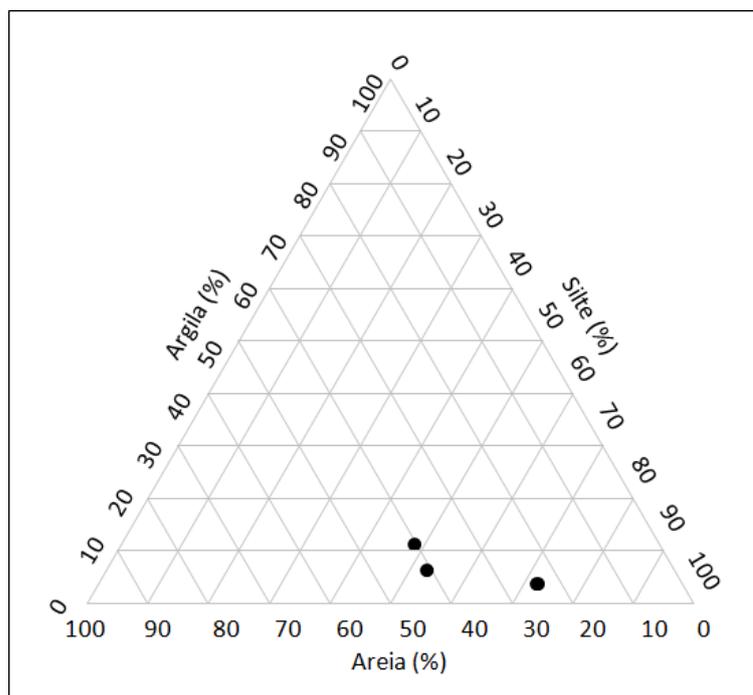


Figura 4. Relação textural do fundo dos canais não vegetados.

Nas condições do presente estudo, a impermeabilização da estrada contribuiu para o transporte de material arenoso no fundo da bacia, com valores de DMP e DMG alterados, comprovando que essas bacias são fundamentais para reduzir alguns processos de erosão. A variabilidade dos vários tipos de bacias fica evidente com a deposição de finos, correspondendo a bacia com vegetação apresentando menor valor, como mostra a Figura 5.

A partir da comparação entre os resultados encontrados em campo (Figura 5), nota-se que há fortes indícios de compactação na área da bacia vegetada. Sá e Santos Júnior (2005) conceituaram a compactação como o processo de rearranjo das partículas e agregados do solo. Estes últimos mudando de forma e tamanho, conforme observado neste estudo.

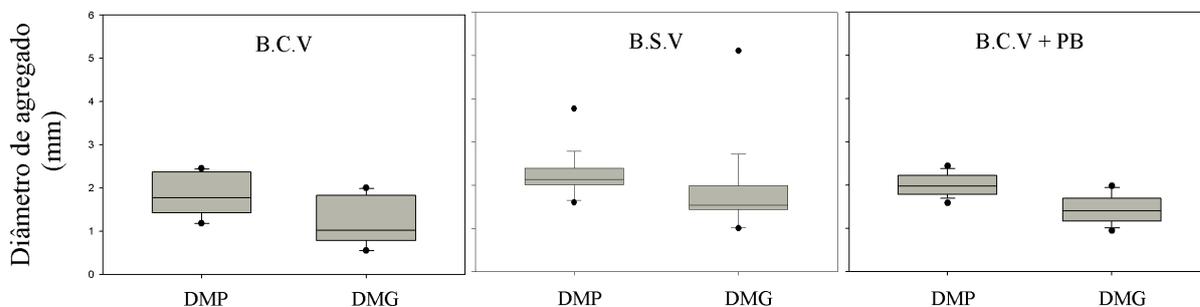


Figura 5. Diâmetro médio ponderado (DMP) e Diâmetro médio geométrico (DMG) de agregado nas Bacias de retenção.

Diferenças significativas quanto ao diâmetro médio ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG) foram constatados nos solos dos tratamentos avaliados. A BCV e pré bacia BCV+PB alterou o padrão de distribuição de agregados pela retenção de materiais mais densos em função do aumento da rugosidade superficial. Conforme Benício, Nascimento e Melo (2021) o solo tem menor tendência à degradação por erosão hídrica, quando o DMP de agregados estáveis em água tem valor superior a 0,5 mm e é indicador de que o solo resiste bem ao esboroamento e à dispersão (Figura 6).

A porcentagem de agregados estáveis e altos IEA observados na Figura 6 foi superior a 90% nas amostras analisadas para BCV e BCV+PB e apresentou diferença estatisticamente significativa. Esse comportamento é mais bem explicado pelo teor de matéria orgânica, que é mais pronunciado nas camadas superficiais. Resultados semelhantes foram encontrados por Aratani et al. (2009), avaliando propriedades relacionadas à qualidade física de Latossolo Vermelho, afetados por sistemas de uso e manejo que proporcionam redução no índice de agregação, demonstrando perda de estabilidade dos agregados devido ao uso agrícola, comparado com a mata nativa. Os sistemas de cultivo levam à redução dos teores deste agente cimentante ao revolver o solo, destroem os agregados e favorecem a oxidação da matéria orgânica.

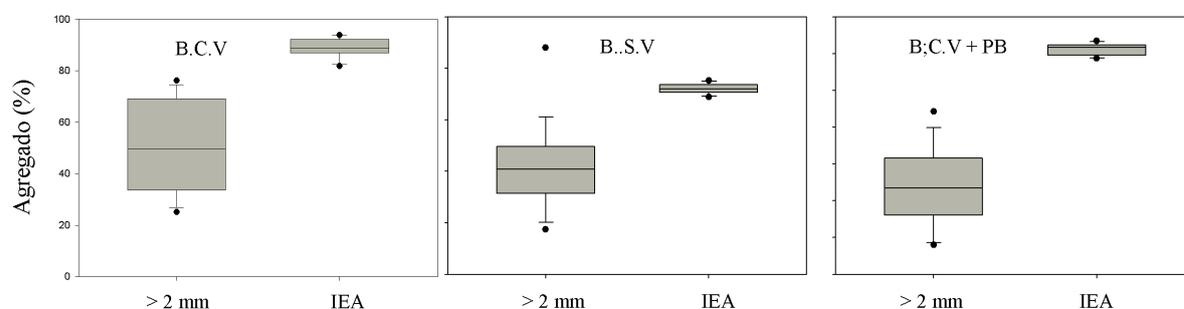


Figura 6. Percentual de agregado maiores que 2 mm (>2 mm) e índice de estabilidade de agregado em Bacias de retenção.

O maior grau de floculação das argilas na mata comparado aos outros sistemas favoreceu à maior agregação das partículas do solo, em virtude da ausência de revolvimento e

do maior teor de matéria orgânica do solo sob mata, que, segundo Silva et al., (2021), é uma condição necessária para estabilização de agregados.

A análise da matéria orgânica, de acordo com Brasil Neto et al., (2018), seja pelas áreas de pastagens e pelos animais que visitam diariamente as bacias e pré bacias, têm efeito direto na estabilização de agregados maiores cujo acúmulo de água por causa do selamento acontece primeiramente.

Desta forma, com a predominância de solos de textura argilosa, implicam em alta estabilidade de agregados, porosidade total composta principalmente por microporos e alta capacidade de retenção de água, o que os torna menos suscetíveis à degradação física, melhorando assim sua qualidade (Pessoto et al., 2016).

As mudanças na estabilidade de agregados são uma das maiores evidências da eficiência da bacia de retenção. O material torna-se mais fino à medida que se aprofunda na bacia, o que pode ser relevante porque a bacia acumulou areia fina, oriunda de pontos mais altos do relevo.

No estudo realizado por Silveira et al. (2012), demonstraram que Latossolos são muito sensíveis à densidade do solo. Por exemplo, em áreas com condições diferentes no sistema de plantio direto, a densidade pode chegar a 1,25, que é considerada alta, uma vez que foram encontradas uma média 1,30 na base das bacias de retenção (Figura 7).

Em resposta à mudança de densidade, os resultados das pastagens foi de 1,21g cm⁻³. Este aumento de densidade é devido à quantidade de material depositado nos primeiros 15 mm da superfície do fundo da bacia. Equivalente dinâmica de deposição ocorrem em estradas vicinais, e foi observada em áreas de reservatórios hidrelétricas (Cabral, 2005) e paisagens naturais (Costa et al., 2015). Como os índices de densidade foram muito superiores que o esperado para Latossolos, esta afirmação pode ser categoricamente aceita (SiBCS, 2013).

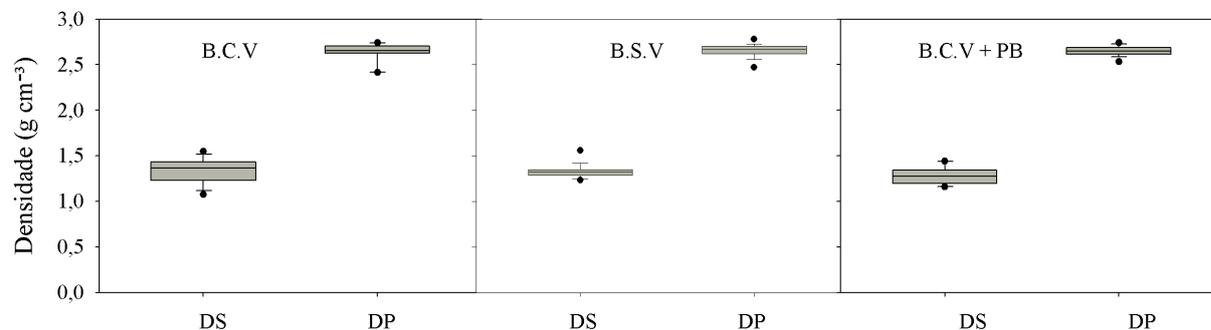


Figura 7. Densidade do solo (DS) e densidade de partícula (DP) agregado em Bacias de retenção.

Na Figura 8, a porosidade total do solo é composta por macroporos e microporos, sendo que o aumento de um diminui a porcentagem do outro. Freitas et al (2017) não observaram diferenças nos valores de porosidade total em relação à profundidade, mas os menores valores se referem a áreas de pastagem na área de Cerrado, possivelmente devido à decomposição das raízes das plantas e pisoteio por animais. Sob diferentes formas de uso de um Latossolo Vermelho, Matias et al. (2009), mencionaram que a porosidade total teve pouco efeito nas mudanças causadas pelo preparo do solo, seja em profundidade, seja pelos diferentes usos. Embora a porosidade da mata nativa foi maior em todas as camadas do solo (Tezolin, 2021).

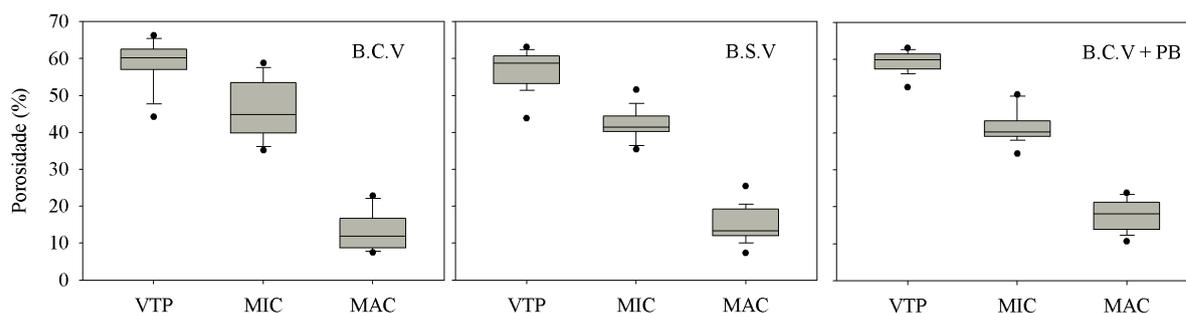


Figura 8. Porosidade do solo em diferentes tipos de bacia de retenção: Volume total de poros (VTP); Microporosidade (MIC) e Macroporosidade do solo em Bacias de retenção.

Gomes et al. (2019) também constataram que a vegetação nativa tem maior porosidade, enquanto as pastagens favorecem a exposição do solo a processos de degradação devido a problemas de compactação. Os autores explicam que a vegetação natural apresenta melhores condições físicas por estar protegida e conservada de ações antrópicas. No entanto, como são áreas de pastagem, os tratamentos apresentaram diferenças significativas em PTc e PTd. Em relação ao Mi, não houve diferença entre os tratamentos. No entanto, os valores encontrados para Ma apresentaram diferenças significativas. Consequentemente, a quantidade de sedimentos que atinge a bacia e pré bacia são afetadas pelo tratamento.

Conforme pode ser observado na Figura 9.a, não houve diferença significativa no grau de floculação da argila entre os sistemas de tratamento avaliados. Esses valores indicaram alto grau de dispersão. Quando em contato com água, muita da argila do solo é facilmente mobilizada, resultando como consequência obstrução dos poros com redução na permeabilidade à água e ao ar. Em um Cambissolo, na Chapada do Apodi, Rocha et al., (2019) obtiveram resultados equivalentes, o qual associou a diminuição da condutividade hidráulica do solo saturado (Figura 9.b) à elevada quantidade de argila dispersa em água.

Na Figura 9.b, observa-se que o fluxo de sedimentos para a bacia e pré bacia é suficiente para alterar o comportamento das propriedades físicas diretamente relacionadas à dinâmica de infiltração, seja na bacia, seja na pré bacia. O principal fator que corrobora para dinâmica de infiltração foi a diminuição da condutividade hidráulica e foi comparada à condutividade hidráulica de 159,8 mm h⁻¹ na área de pastagem adjacente. Portanto, não houve diferença significativa.

Além disso, o papel das bacias de retenção é fornecer condições para controlar a perda de material e captar água que foi escoada devido à baixa permeabilidade da estrada (Souza e Domingues, 2017). Com a deposição de finos, no fundo da bacia ocorre o selamento, dificultando a condutividade hidráulica e, portanto, maior teor de umidade. Nos indicadores da qualidade do solo desta pesquisa foi encontrado o padrão de variabilidade característico.

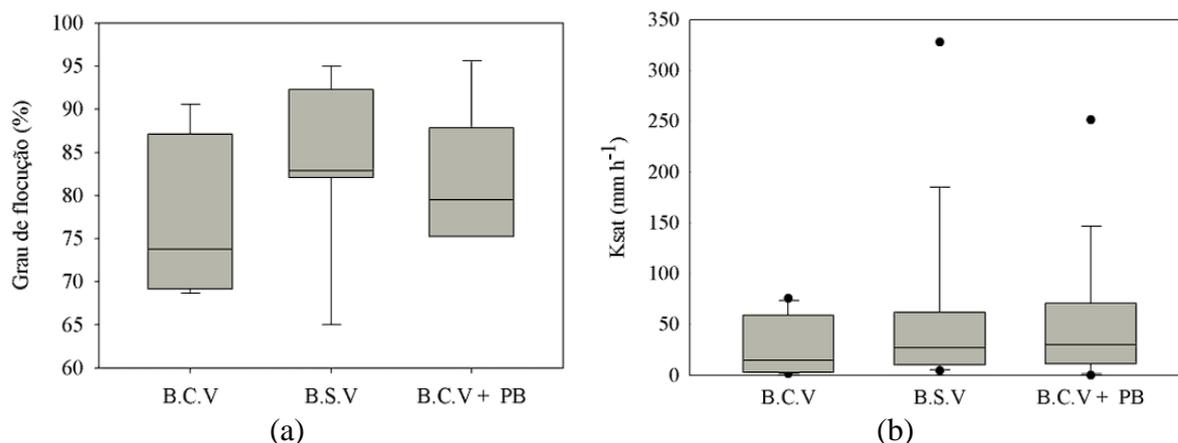


Figura 9. Variação do Grau de flocação em diferentes tipos de bacia de retenção (a) e Condutividade hidráulica do solo em meio saturado em diferentes tipos de bacia de retenção (b).

O dendrograma de dissimilaridade pode ser observado na Figura 10. A análise de agrupamento do dendrograma utilizado foi a Distância Euclidiana média como coeficiente de dissimilaridade e o UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean), que é o método de agrupamento para diferentes tipos de bacias de retenção de águas pluviais em estradas não pavimentadas.

A maior dispersão dos dados foi observada nos primeiros grupos (A e B), o que indicou maior heterogeneidade das amostras. Os grupos encontrados confirmam a literatura, pois os agrupamentos observados indicam variabilidade em escala. Como a observado neste trabalho, Silva et al., (2019) encontraram valores de coeficiente de variação maiores que os observados. Já Mesquita et al., (2022) observaram valores entre 65,11% e 125,80%, abaixo e acima do valor observado (Tabela 02). Em relação aos indicadores de qualidade do solo, no grupo C, houve discrepâncias entre a CAM, resultado corroborado por Alves e De Oliveira (2021).

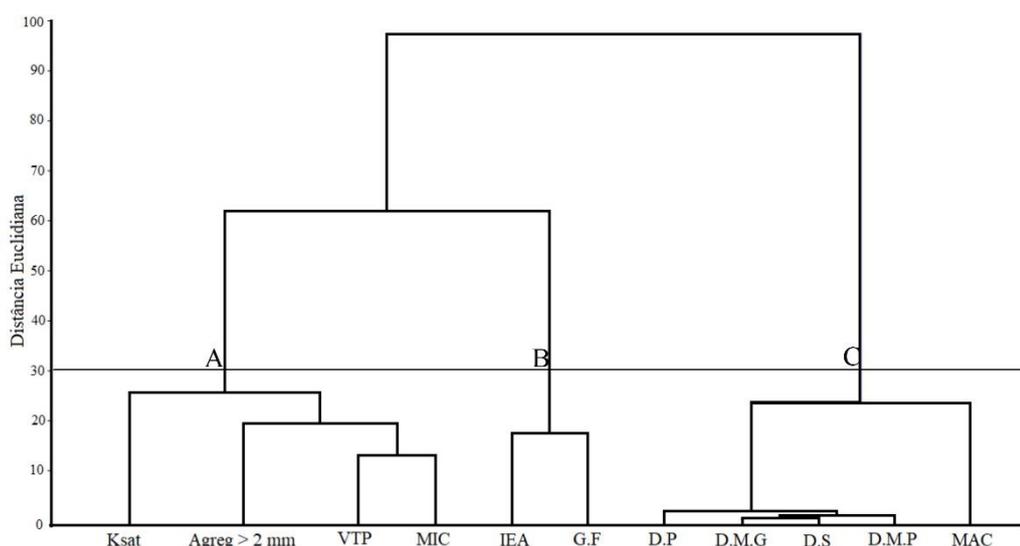


Figura 10. Dendrograma de dissimilaridade de indicadores de do solo em diferentes tipos de bacia de retenção em estrada não pavimentada Condutividade hidráulica em meio saturado (Ksat); agregados maiores que 2 mm (Agreg > mm); Volume total de poros (VTP); Microporosidade (MIC); Índice de estabilidade de agregados (IEA); Grau de flocação (G.F); Densidade de partícula (DP); Diâmetro médio geométrico de agregados (D.M.G); Densidade do solo (DS); Diâmetro médio ponderado de agregados (D.M.P) e Macroporosidade (MAC) .

Indicadores com distância euclidiana inferior a 5, de modo geral, ocorreu apenas no grupo C. Mesmo com o transporte de finos, os valores de dispersão observados (Figura 11) são coerentes por se tratar de Latossolo Vermelho. Silva et al (2019) encontraram CV de 3,63%, e Ds de 30,09% corroborando com o encontrado nesse estudo. Utilizando a mesma distância observada na Figura 10 pode se inferir que há apenas dois grupos entre os tratamentos analisados. Porém, constata-se que em distâncias inferiores (25) há três grupos ocorrendo distinção entre as bacias de retenção, após análise detalhada.

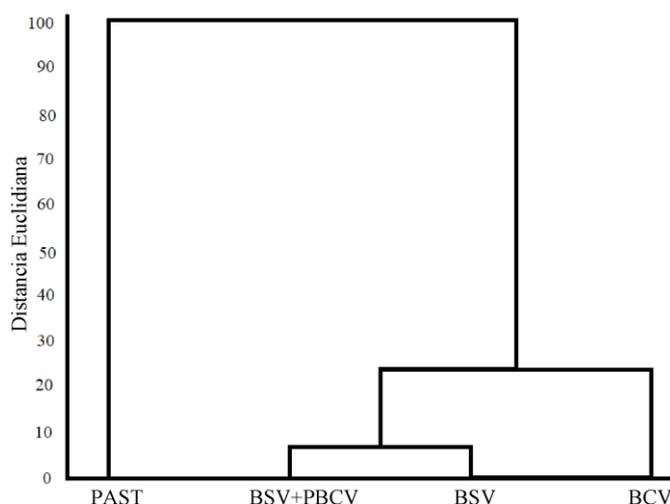


Figura 11. Dendrograma de dissimilaridade de diferentes tipos de bacia retenção em uma estrada não pavimentada. Área de pastagem (PAST), bacias de retenção com canal vegetado (B.C.V), com canal sem vegetação (B.S.V) e com canal vegetado + pré bacia de retenção (B.S.V + PBCV).

O efeito dos diferentes tipos de bacia de retenção no agrupamento dos tratamentos e um efeito evidente na utilização das plantas de cobertura tipo Batatais na formação de subgrupos foi constatado na utilização da análise de agrupamento por dendrograma de dissimilaridade.

CONCLUSÃO

A relação textural apresentou-se como um forte indicador de alterações na paisagem e da estabilidade de solo nas estradas e depósitos de sedimentos nas bacias.

As bacias de retenção de sedimentos, mesmo sem a presença de vegetação, foram eficientes em diminuir os processos erosivos em estradas não vicinais.

As bacias de retenção não vegetadas se apresentaram eficientes na captação de água de chuva.

Bacias com canal sem vegetação, apresentam selamento ou incapacidade de infiltração mais rapidamente que os demais.

Canais vegetados por grama Batatais (*Paspalum notatum*) apresentam melhor desempenho em relação a bacia com canal sem vegetação.

O fluxo de sedimentos tem restrição com o uso de grama Batatais (*Paspalum notatum*), diminui a velocidade e acumula sedimentos mais pesados ao longo do canal e permite a dispersão de sedimentos leves na água cheguem à bacia de retenção.

Entre os tratamentos analisados o com pré bacia e canal vegetado possui melhor desempenho comparando todas as combinações.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. As.; SUZUKI, L. E. A. S. 2007. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 617-625.
- ALVES, Ludmila Loures; De OLIVEIRA, Ricardo Fonseca. 2021. Avaliação da necessidade de readequação de estradas rurais: estudo de caso em estrada não pavimentada no município de Monte Carmelo/MG. **Revista GeTeC**, v. 10, n. 30.
- ARATANI, R.G.; FREDDI, O.S., CENTURION, J.F. 2009. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:677-687.
- BENÍCIO, L.P.F., NASCIMENTO, D.S., MELO, J.P.P. 2021. Densidade e porosidade de um plintossolo háplico submetido a diferentes tipos de uso. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas-TO, v. 7.
- BLAINSKI, E. et al. 2008. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 975-983.
- BRASIL NETO, A. B., dos SANTOS, C. R. C., NORONHA, N. C., GAMA, M. A. P., CARVALHO, E. J. M., SILVA, A. R., & de SOUZA, P. Í. A. 2018. Matéria Orgânica E Atributos Físico-Hídricos De Um Latossolo Sob Diferentes Sistemas De Manejo. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 147-164.
- CABRAL, J.B.P. 2005. Estudo do processo de assoreamento em reservatórios. **Caminhos de Geografia – revista on line**. v. 6, n. 14, p. 62-69, Fev.
- CASAROLI, Derblai et al. 2018. Padrões de Chuva e de Evapotranspiração em Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 247-256.
- COSTA, C.D.O.; ALVES, M.C.; SILVA, H.R.; SOUSA, A.P.; GONZÁLEZ, A.P.; AVALOS, J.M.M. 2015. Produção e deposição de sedimentos em uma sub-bacia hidrográfica localizada no Estado de Mato Grosso do Sul. **Anais XVII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, João Pessoa – PB, Brasil.
- DORNELES, Jonatan Iago et al. 2019. Avaliação de diferentes cenários na produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica amazônica. **Gaia Scientia**, v. 13, n. 4.
- EMBRAPA. 2011. Documentos, 132. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 revisada ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230 p.
- FAGUNDES, Marla Oliveira et al. 2019. Qualidade de um latossolo sob plantio convencional e sistema plantio direto no cerrado baiano, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 3, p. 281-297.
- FREITAS, L., de OLIVEIRA, I. A., SILVA, L. S., FRARE, J. C. V., FILLA, V. A., & GOMES, R. P. 2017. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, v. 26, n. 1-2.
- GOMES, Fátima; SANTOS, Rafael; GUARIZ, Hugo. 2019. Levantamento de propriedades de densidade aparente, densidade de partículas e porosidade total em latossolos amarelo. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 12.
- GONÇALO FILHO, F., NETO, M. F., dos SANTOS FERNANDES, C., da SILVA DIAS, N., da CUNHA, R. R., & de OLIVEIRA MESQUITA, F. 2018. Efeitos do manejo sustentável da Caatinga sob os atributos físicos do solo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 38.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, v.4, p.1-9.
- HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. 2005. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.82, p. 121-145.

- LUIZ, Gislaine Cristina; Romão, P. A. 2019 Interação solo-atmosfera e processos de inundação e alagamentos na cidade de Goiânia-GO. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 05, p. 1891-1903.
- MANGIERI, Vanessa Lasaro; TAVARES, João. 2019. Avaliação de matéria orgânica, densidade e porosidade do latossolo vermelho em contato com lixiviado de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, p. 1251-1258.
- MESQUITA, G. M.; SANTOS, F. C. V.; DORES, A. L.; CORRECHEL, V. 2022. Spatial variability of hydraulic conductivity of saturated soil in conservation unit. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 9, p. 6532-6535.
- MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, Ciro Antonio. 2001. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 25, n. 3, p. 531-538. <http://hdl.handle.net/11449/114595>.
- NUNES, F.G.; FIORI, A.P.; FIRPO, G. 2011. Estimativa de coeficientes de escoamento superficial na bacia hidrográfica do Rio Atuba: Curitiba e região metropolitana – Paraná/ Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 64, n. 65, p. 27-39.
- PESSOTTO, P. P., da SILVA, V. R., ORTIGARA, C., KOPPE, E., STROJAKI, T., & Santi, A. L. 2016. Influência de diferentes plantas de cobertura nas propriedades físicas de um latossolo vermelho. **Agrarian**, v. 9, n. 34, 348-356.
- REINERT, D. J.; Reichert, R. M. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria, UFSM, 18 p., 2006.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. 2007. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5ª ed. rev. Lavras: Editora UFLA, 322 p.
- ROCHA, Rodrigo Esteves et al. 2019. Variações espaciais na condutividade hidráulica do solo em área de recarga do Sistema Aquífero Guarani. **Revista do Instituto Geológico**, v. 40, n. 2, p. 35-51.
- RODRIGUES, J.O.; ANDRADE, E.M. PALÁCIO, H.A.Q.; MENDONÇA, L.A.R.; Dos SANTOS, J.C.N. 2013. Sediment loss in semiarid small watershed due to the land, **Rev. Ciênc. Agron.** v. 44, n. 3, p. 488-498, jul-set, Fortaleza.
- ROFFE, T.G. 2012. Dinâmica da produção de sedimentos devido a mudanças no uso da terra: estudo de caso da bacia de Chambas, Província Ciego de Ávila, Cuba. **Tese de Doutorado**, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Instituto de Geociências.
- SÁ, M.A.C.; Santos Júnior, J.D.G. 2005. **Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal**. Documentos 136, Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 26p.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. 2005. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: SBCS, 92 p.
- SIBCS - EMBRAPA. 2013. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2013. 306 p.: il.
- SILVA, I.A.C. et al. Estoque de carbono, densidade, porosidade e nematofauna do solo em áreas com e sem aplicação de vinhaça. Irriga, Botucatu, Edição Especial – **Inovagri**, v. 1, n. 4, p. 765-773, dezembro, 2021.
- SILVA, Bruce Kelly da Nobrega et al. 2020. Avaliação de Extremos de Erosividade Causados pela Precipitação na Bacia do Rio Apodi/Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 871-879.
- SILVA, G. S.; SILVA, J. S.; PEREIRA, F. A. C.; SANTANA, R. A.; FIRMO, R. S.; LOPES Sobrinho, O. P. 2019. Spatial variability of the saturated hydraulic conductivity of soil in Cocoa Farming in Recôncavo Baiano. **Rev. Caatinga**, v. 32, n. 3.
- SILVEIRA, Ana Paula Pereira da. 2022. **Solos e recursos hídricos**. Editora Senac São Paulo.

- SILVEIRA, D.C.; MELHO FILHO, J.F.; SACRAMENTO, J.A.A.S.; SILVEIRA, E.C.P. 2010. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 659-667.
- SOUZA, E.R.; DOMINGUES, J.F.N. 2017. **Bacias de Captação de enxurradas**. Emater – MG, 4p.
http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/MATERIAL_TECNICO/baciascapta%C3%A7%C3%A3oenxurradas.pdf.
- SOUZA, Henrique Antunes De; LEITE, Luiz Fernando Carvalho; MEDEIROS, João Carlos. 2021. **Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste**. Embrapa Meio-Norte-Livro científico (Alice).
- TEZOLIN, T.A. 2021. Atributos físicos do solo em diferentes sistemas de produção agropecuária. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1.
- TRIOLA, M. F. 2005. **Introdução à estatística** (9a ed.). Rio de Janeiro: LTC.

EMERGENCE AND INITIAL DEVELOPMENT OF MURICI SEEDLINGS UNDER DIFFERENT SUBSTRATES

Nívea Patrícia Ribeiro Reges¹
Elias Emanuel Silva Mota²
Marcos Paulo dos Santos³
Jaqueline Lima da Conceição Souza⁴
Vanessa Bernardes⁵
Luciana Borges e Silva⁶

ABSTRACT

The genus *Byrsonima* Rich. (MALPIGHIACEAE), whose species are popularly known as “murici” constitutes a complex of about 150 species, of which 95 can be found in Brazil, and have potential for cultivation in view of their multiple possibilities of use in timber, food and pharmaceutical industries. Despite constituting a complex of species, they are rarely cultivated. The objective of this work was to evaluate of the type of substrate on the germination and initial development of murici seedlings. The experimental treatments used seven types of substrates (T₀: commercial substrate (control treatment); T₁: commercial substrate + washed coarse sand (1: 1); T₂: cattle manure + commercial substrate + soil (1: 1: 3); T₃: cattle manure + soil (2: 3); T₄: carbonized rice husk + commercial substrate + soil (1: 1: 3); T₅: commercial substrate + sand + soil (1: 1: 1); T₆: coarse washed sand + soil (1: 1). The experiment was carried out in a greenhouse, under a complete randomized block design, with four replicates and three plants per plot. The biometric variables were: percentage of emergence, plant height, number of leaves per plant⁻¹ and the neck diameter at 80, 95, 125, 155, 185, 215, 245 and 275 days after sowing (DAS). At 275 DAS, destructive analysis was performed to determine the fresh and dry biomass of shoot and roots and the length of the largest root. The percentage of emergence, height and diameter of plants did not differ between treatments. The lowest values of fresh and dry biomass of the roots occurred in the exclusive presence of commercial substrate and in mixtures containing incorporation of bovine manure. Substrates composed of: soil, carbonized rice husk, commercial substrate and washed coarse sand, favor the daily growth rates of shoot and the development of the root system of murici seedlings. The transplanting of seedlings to the field at 200 DAS may help to maintain a larger amount of leaves in the seedlings.

Keywords: *Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich; Cerrado; native fruit; seed; germination.

EMERGÊNCIA E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE MURICI EM DIFERENTES SUBSTRATOS

RESUMO

O gênero *Byrsonima* Rich. (MALPIGHIACEAE), cujas espécies são popularmente conhecidas como “murici” constituem um complexo de cerca de 150 espécies, das quais 95 podem ser encontradas no Brasil, e apresentam potencial para cultivo tendo em vista suas múltiplas possibilidades de uso nas indústrias madeireira, alimentícia e farmacêutica. Apesar de constituir um complexo de espécies, raramente são cultivadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o tipo de substrato na germinação e desenvolvimento inicial de mudas de murici. Os tratamentos experimentais utilizaram sete tipos de substratos (T₀: substrato comercial (tratamento controle); T₁: substrato comercial + areia grossa lavada (1:1); T₂: esterco bovino + substrato comercial + terra (1:1:3); T₃: esterco bovino + terra (2: 3); T₄: casca de arroz carbonizada + substrato comercial + terra (1: 1: 3); T₅: substrato comercial + areia + terra (1: 1: 1); T₆: areia grossa lavada + solo (1:1). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições e três plantas por parcela. As variáveis biométricas foram:

¹ Engenheira Agrônoma e Mestre em Agronomia na área de Solo e Água pela Universidade Federal de Goiás. E-mail: niveapaty@hotmail.com

² Professor da Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG. E-mail: elias-emanuel@hotmail.com

³ Professor do Departamento de Ciências Agrárias/Fitotecnia do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul. E-mail: marcospaulo_agronomo@hotmail.com

⁴ Engenheira Agrônoma e Doutora em Agronomia com área de concentração em Produção Vegetal pela Universidade Federal de Goiás. E-mail: jaquelinelima.745@gmail.com

⁵ Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Goiás com mestrado e doutorado em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal de Goiás. E-mail: vanessabernardes08@gmail.com

⁶ Professora EBTT do Departamento de Ciências Agrárias/Agronomia do IF Goiano - Campus Ceres. E-mail: lborges1001@yahoo.com.br

porcentagem de emergência, altura da planta, número de folhas por planta⁻¹ e diâmetro do colo aos 80, 95, 125, 155, 185, 215, 245 e 275 dias após a semeadura (DAS). Aos 275 DAS foi realizada análise destrutiva para determinação da biomassa fresca e seca da parte aérea e das raízes e o comprimento da maior raiz. A porcentagem de emergência, altura e diâmetro das plantas não diferiram entre os tratamentos. Os menores valores de biomassa fresca e seca das raízes ocorreram na presença exclusiva de substrato comercial e em misturas contendo incorporação de esterco bovino. Substratos compostos por: solo, casca de arroz carbonizada, substrato comercial e areia grossa lavada, favorecem as taxas de crescimento diário da parte aérea e o desenvolvimento do sistema radicular do murici mudas. O transplante das mudas para o campo aos 200 DAS pode ajudar a manter maior quantidade de folhas nas mudas.

Palavras-chaves: *Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich; Cerrado; fruta nativa; sementes; germinação.

Received August 19, 2023. Approved December 04, 2023

INTRODUCTION

Murici (*Byrsonima* spp., Malpighiaceae) is described as a hermaphrodite tree or shrub, measuring 4 m to 6 m, its trunk is often tortuous (Vieira et al., 2010; Almeida et al., 2016), planting must be carried out by seeds and, rarely, by seedlings (Murakami et al., 2011). The fruits are edible and highly appreciated by local populations and wild animals, and can be consumed in natura or sold as pulps, juices, sweets, ice cream and liqueurs (Almeida et al., 2016; Araújo, 2009; Souza et al., 2020). The propagation of the genus *Byrsonima* occurs through seeds with 0.5 cm in diameter (Garritano et al., 2006; Peixoto et al., 2011), contained in the pyrenes. Pyrene is formed by a set of resistant stony endocarp and seeds, which varies from one to three, since the ovary of the flower is trilobulated, and each locule is uniovulated. Therefore, the presence of sclerified endosperm that surrounds the embryo, acts as a mechanical barrier, which causes low and uneven germination rate, with slow seedling emergence (Vasconcelos Filho, 2008; Assis et al., 2017). This fact has already been verified for the species: *Byrsonima verbascifolia* (Assis et al., 2017; Carvalho; Nascimento, 2008), *B. cydoniifolia* A. Juss. (Araújo, 2009), *B. coccolobifolia*, *B. lancifolia*, *B. sericea*, *B. spicata*, *B. stipulacea* (Lorenzi, 2002; Donadio et al., 2004; Nogueira et al., 2004; Carvalho et al., 2007).

Alternatively, "bare" seeds, that is, devoid of the endocarp, are not used as a propagation structure due to the difficulty of removing them from the inside of this structure, in addition to the fact that it is easily damaged when it is removed (Assis et al., 2017; Carvalho & Nascimento, 2008). Faced with the challenge of seed propagation, the substrate has the purpose of providing support to seedlings, both from the physical point of view, as well as chemical and biological (Schafer; Lerner, 2022).

The substrate must be easily available for purchase and transport, free of pathogens and weeds, rich in essential nutrients, presenting an appropriate pH for the species that is multiplying, and have a good texture and structure (Schafer; Lerner, 2022; Prisa, 2023). The characteristics of structure, aeration, water retention capacity and degree of decontamination by pathogens, among others, vary according to the material used in the composition of the substrate, which may affect the germination and seedling establishment and consequently influence the final quality of the seedlings (Silva et al., 2011, Kaushal; Kumari, 2020).

The substrate can be characterized by having a pure form or mixture capable of allowing the development of the root system, considered as support for the plant (Prisa, 2023). However, a material alone will not always have all the desirable characteristics for the formation of seedlings. With that, it becomes feasible to mix two or more materials to obtain a suitable substrate for a given species (Biasi et al., 1995). The quality of the substrate also depends on the proportions and the materials that make up the mixture (Dias et al., 2010, Schafer; Lerner, 2022).

In this context, the objective was to evaluate the influence of different substrates on the germination and initial development of seedlings of *Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich. in order to contribute with subsidies for the production of seedlings and cultivation of the species.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out in the greenhouse of the experimental area of the Federal Institute of Goiás, Campus Ceres, GO (5° 21'0.84 "S and 49° 35'55.40" W). The seeds used came from ripe, healthy and fallen fruits in the soil by the process of natural abscission, from genotypes of the collection of native fruits of the Cerrado of the same institution.

The fruits were manually pulped, as this method favors less mechanical damage to the embryo, guaranteeing the physiological quality of the seed (Barros, 2006). Subsequently, the seeds (pyrenes) were washed in running water until complete removal of the mucilage, eliminating the possible germination inhibiting substances present in the pulp. Due to their low germination rate (3%) and slow seedling emergence (Vieira et al., 2010), the pyrenes were subjected for 24 hours to a dormancy break in a solution of gibberellic acid (GA₃) at a concentration of 2 g L⁻¹.

Sowing was carried out in black polyethylene bags measuring 30 cm x 12 cm, using four seeds per container, inserted 1.5 cm deep on substrates made up of different mixtures: (T₀: commercial substrate (control treatment), formulated with organic compost, pine bark, vermiculite and NPK; T₁: commercial substrate + washed coarse sand (1: 1)); T₂: cattle manure + commercial substrate + soil (1: 1: 3); T₃: cattle manure + soil (2: 3); T₄: carbonized rice husk + commercial substrate + soil (1: 1: 3); T₅: commercial substrate + sand + soil (1: 1: 1); T₆: coarse washed sand + soil (1: 1). The proposition of the mixtures mentioned above was based on work carried out with Cerrado species such as Sobrinho et al. (2010) and Pinheiro et al. (2020).

For the evaluation of germination and emergence, the treatments were arranged in a randomized complete block test, with 10 sachets per treatment (total of 70 plots) and three seeds sown per sachet, repeated in four blocks (total of 280 plots and 840 sown seeds). The containers (plastic bags) remained in the greenhouse with an intermittent nebulization system, with intervals of 60 minutes every one minute of operation and weekly weeding of spontaneous plants. The emergence of the plants was monitored daily and when it reached stabilization, 80 days after sowing (DAS), the mean time and the percentage of emergence were determined. Seedlings with totally free and normal cotyledons were considered emerged.

The initial development of murici was evaluated from 80 DAS, that is, after the stabilization of the emergency. For this, the emerged seedlings were transplanted, in order to leave only one plant per container, keeping the treatments in a complete randomized block design, with four replicates. The following biometrics variables were evaluated: plant height (with the aid of a ruler graduated in centimeters, measuring the distance between the neck and the apex of the shoot), number of leaves per plant⁻¹ and the diameter of the neck (with digital caliper) in millimeters at 80, 95, 125, 155, 185, 215, 245 and 275 DAS. At 275 DAS, a destructive analysis of each treatment was performed to determine the fresh and dry biomass of the shoot and the roots and the length of the largest root. The shoot and the root system of three seedlings of each treatment were dried in a forced circulation oven at 60°C, until reaching constant weight obtained in 72 hours, according to the methodology of Hunter (Hunter, 1974), for later determination of the weight value the dry matter of the shoot and the root system.

The daily growth rates (DGR) of height, diameter and number of leaflets, except for the rate at 95 DAS, were calculated by varying the values of each variable every 30 days. Biometric data, since they do not present normal residues, were transformed by the expression: $Y=\sqrt{x}$. The fresh and dry biomass of the shoot and roots at 275 DAS were subjected to analysis of variance

and when there was significance the means were compared using the Scott Knott test (5%). The DGR between substrates when significant were subjected to regression to determine growth trends over time. All statistical analyzes were performed with the aid of software R version 3.2.2 (R Core Team, 2015).

RESULTS AND DISCUSSION

There was no significant difference between the treatments evaluated for the variable percentage of seedling emergence and time of emergence of murici seedlings, possibly due to the low emergence rate of treatments (Table 1). Others *Byrsonima* species had been observed to has a low germination rate and slow emergence, such as *B. coccolobifolia*, *B. lancifolia* and *B. sericea* (Lorenzi, 2002); also, in *B. cydoniifolia* (Murakami et al., 2011) and *B. crassifolia* (Carvalho; Nascimento, 2008).

Table 1. Average, minimum, maximum and coefficients of phenotypic variation (CV%) of the percentage of emergence (PE) and time of emergence (TE) of murici seedlings according to different substrates.

Treatment	PE (%)	TE (days)
T0*	17.50	44
T1	8.750	35
T2	8.750	37
T3	9.370	43
T4	18.13	39
T5	15.00	43
T6	13.13	38
Average	12.90	40
Minimum	0.000	28
Maximum	100.0	69
CV%	201.0	24.34

*T₀: commercial substrate (control treatment); T₁: commercial substrate + washed coarse sand (1: 1); T₂: cattle manure + commercial substrate + soil (1: 1: 3); T₃: cattle manure + soil (2: 3); T₄: carbonized rice husk + commercial substrate + soil (1: 1: 3); T₅: commercial substrate + sand + soil (1: 1: 1); T₆: coarse washed sand + soil (1: 1).

The average percentage of emergency (PE) presented by murici, 12.90%, is low when compared to the average value found for other fruit native to the Cerrado, such as baru (*Dipteryx alata* Vog., Fabaceae) (93.80%) (Mota, 2013), cagaita (*Eugenia dysenterica* DC., Myrtaceae) (82.03%) (Novaes, 2014) and mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes, Apocynaceae) (~53.13%) (Pinheiro et al., 2020), regardless of the type of substrate used (Silva et al., 2009). The low variation in the emergence of murici seedlings in relation to different substrate formulations suggests that the germinative behavior of this species is more related to intrinsic factors of the genotype, which determines the chemical composition of the seed reserves, recalcitrance and / or even dormancy than with the chemical or physical composition of the substrate used to produce seedlings. This can be observed when analyzing the CV of the experiment, above 200%, reinforcing the above reasoning about intraspecific variability, since the seeds were collected in different matrices.

The types of substrates did not influence ($p > 0.05$) the final height (FH) and diameter (FD), while the final number of leaflets per plant (NOLFP) was influenced by the type of substrate used ($p < 0.05$) (Table 2).

Table 2. Analysis of variance and mean (between plants) of the variables (initial height (IH), final height (FH), initial diameter (ID), final diameter (FD), number of leaflets per initial plant

(NOLIP) and number of leaflets per final plant (NOLFP)) of murici seedlings according to different substrates. The initial assessments were carried out at 80 and the final at 275 DAS.

SV	DF	MEAN SQUARE											
		IH		FH		ID		FD		NOLIP	NOLFP		
Treatments	6	0.1768	NS	3.040	NS	0.017	NS	2.1985	NS	0.2573	NS	4.0718	*
Block	3	0.1504	NS	6.695	**	0.010	NS	1.1769	NS	0.1319	NS	0.8578	NS
Residue	74	0.0963		1.421		0.019		1.2142		0.2009		1.6407	
CV (%)		16.41		23.27		14.38		51.66		18.01		25.07	

NS= not significant; * significant at 5% probability and ** significant at 1% probability. SV: Source variation; DF: degrees of freedom.

The number of leaflets per plant (NOLFP) at 275 days after sowing (DAS) was influenced by the type of substrate (Figure 1). The mixtures containing washed coarse sand were superior (T₁ and T₆), due to the sand's capacity to increase the porosity of the substrates, which allows greater water drainage capacity, keeping the substrate with less humidity (Romano et al., 2022). For many species, sand has been used purely in the seed germination phase, with seedlings subsequently transplanted to substrates that provide ideal conditions, such as nutrients and stability for seedling growth and development, allowing an increase in biomass of shoot and root (Romano et al., 2022).

In jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *Stilbocarpa*, Fabaceae) seedlings, mixtures containing sand in its formulation provided increased aeration, decreased resistance of the root system to penetrate the substrate and greater vegetative growth of the seedling, consequently resulting in taller plants (Cabral et al., 2015). In another species of murici, *B. cydniifolia*, the sand allows a great variation in temperature to occur, thus, by irrigating this substrate, it facilitates the occurrence of thermal shock, which favors the rupture of the endocarp for germination (Santos et al., 2011).

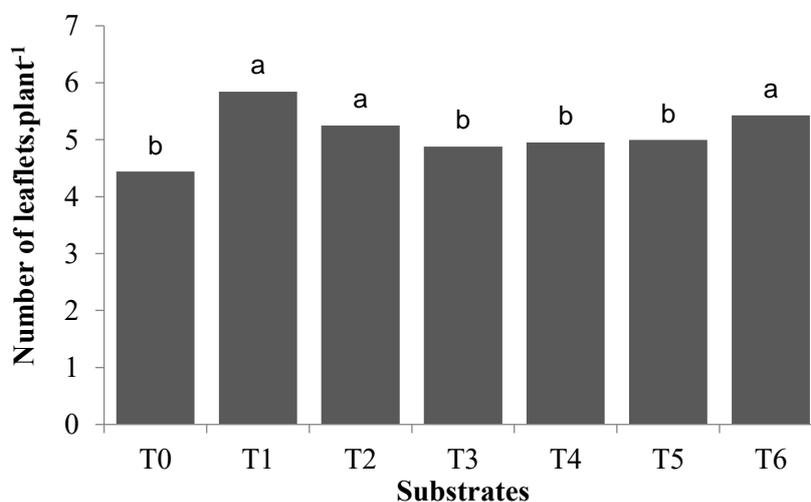


Figure 1. Number of per leaflets per murici plant as a function of different substrate compositions at 275 DAS of *Byrsonima verbascifolia*. T₀: commercial substrate (control treatment); T₁: commercial substrate + washed coarse sand (1: 1); T₂: cattle manure + commercial substrate + soil (1: 1: 3); T₃: cattle manure + soil (2: 3); T₄: carbonized rice husk + commercial substrate + soil (1: 1: 3); T₅: commercial substrate + sand + soil (1: 1: 1); T₆: coarse washed sand + soil (1: 1). *Equal letters do not differ by the Scott-Knott test at 5% probability.

The length of the largest root, fresh biomass and dry biomass were influenced by the type of substrate. The growth of the largest root was limited in mixtures containing bovine manure in its composition (T₂ and T₃), consequently reducing to fresh and dry biomass compared to other substrate compositions (Figures 2 and 3). Similar results were observed in

species that are also native to the cerrado in jatobazeiro and in mangabeira, barueiro and cagaiteira, in which the addition of organic matter (bovine manure and chicken litter) in the substrate impaired the performance of the aerial part and the roots of the seedlings (Sobrinho et al., 2010).

This fact indicates that the murici species, being native to poor soils, does not respond to the increase in organic matter in the substrate, as it possibly has mechanisms that allow it to tolerate nutritional limitations, a characteristic present in Cerrado soils. Schafer (2022) suggests that animal manure should be used as complementary chemicals in a substrate given the higher concentration of salts in this type of compound. There is a low response of some Cerrado species to the increase in substrate fertility, and this increase in fertility may even be detrimental to the development of the seedling (Melo et al., 1998; Massi, 2015).



Figure 2. Length of the largest root at 275 DAS as a function of different substrate compositions of *Byrsonima verbascifolia*. T₀: commercial substrate (control treatment); T₁: commercial substrate + washed coarse sand (1: 1); T₂: cattle manure + commercial substrate + soil (1: 1: 3); T₃: cattle manure + soil (2: 3); T₄: carbonized rice husk + commercial substrate + soil (1: 1: 3); T₅: commercial substrate + sand + soil (1: 1: 1); T₆: coarse washed sand + soil (1: 1).

The lowest values of fresh and dry biomass of the roots occurred in the exclusive presence of commercial substrate and in mixtures containing incorporation of bovine manure (Figure 3; T₀, T₂ and T₃). The presence of bovine manure may have increased the amounts of nitrogen (N) and phosphorus (P) in relation to the other essential nutrients in plants, causing nutritional imbalance thus influencing root growth. Whereas the exclusive presence of commercial substrate, which is quite porous, may have accelerated the infiltration of water, consequently affecting the transpiration of the roots.

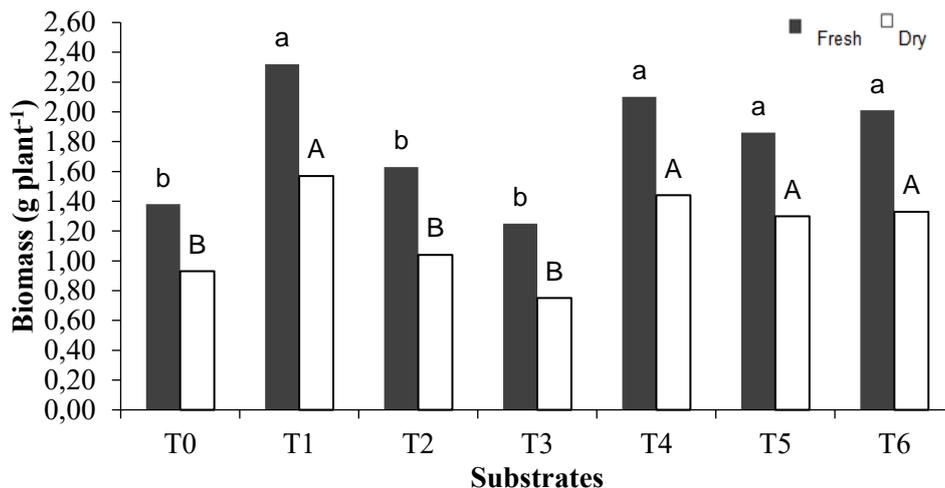


Figure 3. Fresh and dry biomass of murici seedling roots as a function of different substrate compositions at 275 DAS. T₀: commercial substrate (control treatment); T₁: commercial substrate + washed coarse sand (1: 1); T₂: cattle manure + commercial substrate + soil (1: 1: 3); T₃: cattle manure + soil (2: 3); T₄: carbonized rice husk + commercial substrate + soil (1: 1: 3); T₅: commercial substrate + sand + soil (1: 1: 1); T₆: coarse washed sand + soil (1: 1). *Lower case letters compare fresh biomass and upper case letters compare dry biomass.

The lower development of mangaba, cagaita and baru seedlings can occur when there is an increase in the concentration of phosphorus, caused by the use of manure, a source rich in nitrogen and organic matter (Sobrinho et al., 2010). This is because phosphorus, in addition to being an element required in large quantities for the production of seedlings, sometimes even more than nitrogen itself, when in high quantities and in combination with organic substrates, reduces plant growth (Raij, 1991). The composition of the substrate, especially in relation to the balance of nutrients necessary for the seedlings to develop satisfactorily, is essential, as it is what allows desirable results to be obtained in the main parameters that determine the quality of the seedling (Ceconi et al., 2007).

The daily growth rate (DGR) in height was influenced by the type of substrate as well as by the time the seedlings remained in the packages (Figure 4). The DGR of the leaflets was influenced only by the length of stay.

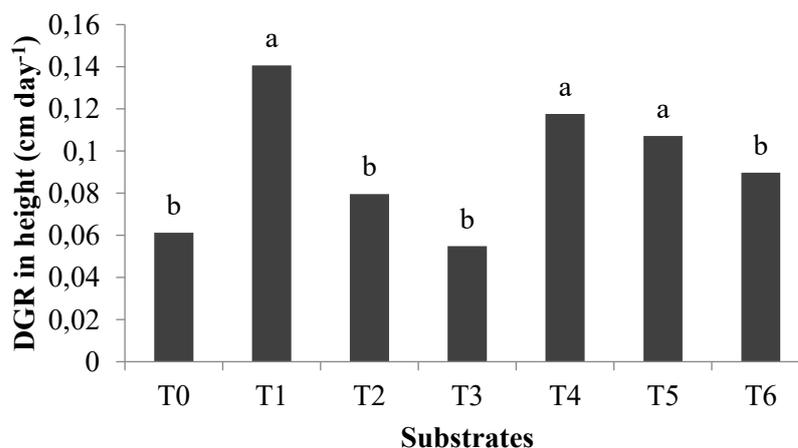


Figure 4. Rate of daily height growth (DGR in height) of murici seedlings (*Byrsonima verbascifolia*) as a function of different substrate compositions. T₀: commercial substrate (control treatment); T₁: commercial substrate + washed coarse sand (1: 1); T₂: cattle manure + commercial substrate + soil (1: 1: 3); T₃: cattle manure + soil (2: 3); T₄: carbonized rice husk + commercial substrate + soil (1: 1: 3); T₅: commercial substrate + sand + soil (1: 1: 1); T₆: coarse washed sand + soil (1: 1). * Equal letters do not differ by the Scott-Knott test at 5% probability.

The highest DGR of the height were observed in the treatments in which there was a combination of commercial substrate with carbonized rice husk, washed coarse sand and soil. In treatments where there was an excessive presence of commercial substrate and/or incorporation of bovine manure, there was less development of the root system, which may have compromised the DGR of the height of murici seedlings (Figure 4).

The roots are directly linked to the development of the plant, since they are responsible for the absorption of water and nutrients from the soil and their subsequent translocation to the aerial part. In addition, they are responsible for the synthesis of hormonal molecules and enzymatic co-factors linked to the processes of cell expansion and division, thus affecting plant growth and development (Taiz; Zeiger, 2003).

In this study, there was a progressive growth of the aerial part of murici seedlings as a function of time (Figure 5), whose average growth rate was around $0.0910 \text{ cm day}^{-1}$. However, this growth, although it was progressive, allowed the plants an average height of only 27.43 cm at 275 DAS, which characterizes the species as being of slow growth. In native Savannah plants, the initial growth of seedlings is slow due to the genetic characteristics (slow cell division and differentiation) that are particular to each species and evolutionary, by which most native species of the Cerrado were subjected as: low soil fertility and water limitation (Sano; Almeida, 1998). The cagaiteira and murici-pequeno (*Byrsonima intermedia*), respectively, are also species that show slow initial vegetative growth (Souza, 2000; Silva, 2010).

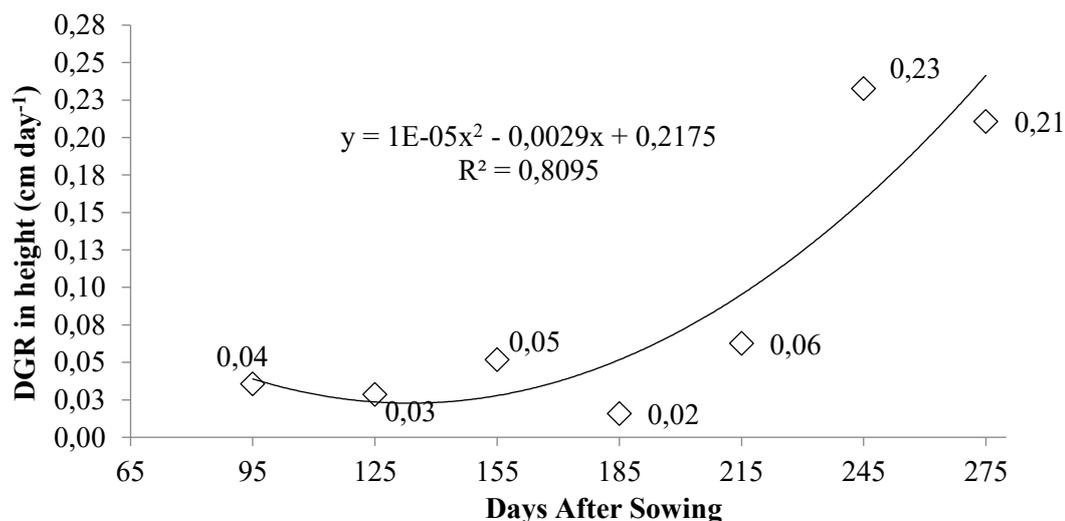


Figure 5. Growth of murici seedlings as a function of different substrate compositions (combination of commercial substrate with carbonized rice husk, washed coarse sand and soil) over the days after sowing.

This slow initial growth occurs because the Cerrado plants spend a large part of the energy for fixation in the soil exclusively, with the exploitation of it for the emission of roots by the plant, being the roots in this phase the preferential drain of the photoassimilates, leading to the greater production of root dry matter when compared to the aerial part (Santos et al., 2018).

It was observed that even with an progressive growth (Figure 5), over time, murici plants were affected in terms of leaf emission, which from an agronomic point of view is not desirable (Figure 6).

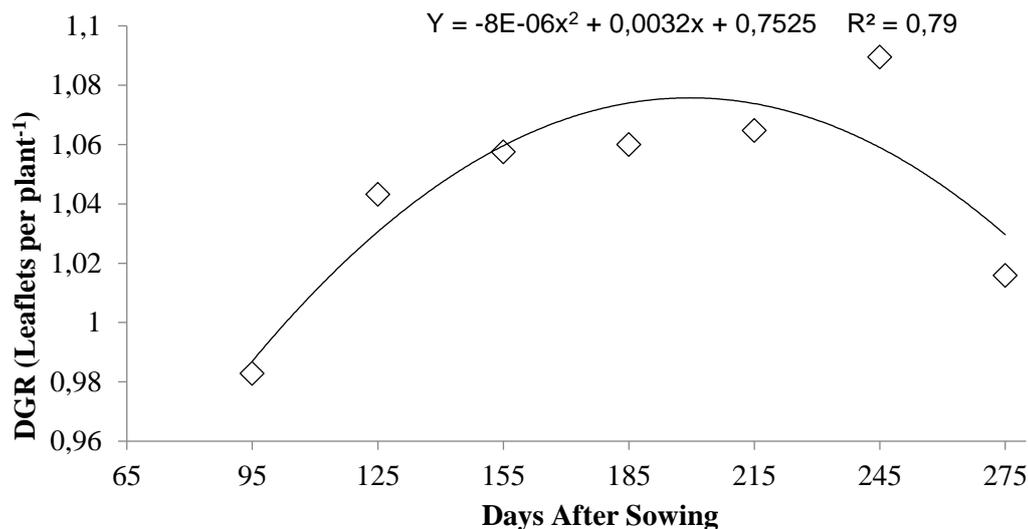


Figure 6. Rate of daily growth of leaflets (DGR Leaflets per plant⁻¹) as a function of different compositions (combination of commercial substrate with carbonized rice husk, washed coarse sand and soil) of murici seedling substrate.

Deriving the adjustment equation to the DGR data of leaflets, it was observed that from 200 DAS there was a reduction in the DGR of the number of plant⁻¹ leaflets. The volume of the containers (approximately 2 kg of substrate) may have caused physical limitation to promote root growth (Schafer; Lerner, 2022). Souza (2000) and Santos et al. (2018) found a smaller stem diameter in cagateira seedlings at 160 DAS than at 60 DAS and mangabeira at 210 DAS than at 120 DAS, respectively, and attributed this to the use of nutritional reserves for plant recovery, after the stress suffered around 90 DAS.

The 200 DAS period can be considered the critical moment for transplanting the seedlings to the field, since they already present physical conditions (height of ± 8.95 cm and diameter of ± 2.7 mm) capable of allowing their development, provided that fortnightly irrigation is carried out for survival or that water is supplied, meeting the water needs of the plant, considerably reducing the time for seedling formation. Souza (2000) and Santos et al. (2018) states that because some tree species in the Cerrado have greater growth of the root system in relation to the shoot it is desirable to produce seedlings in larger packages, or else the transplant should occur earlier, when the plants are younger.

Leaf loss after 200 DAS presents itself more as a possible strategy for the survival of the seedlings in response to the physical limitations of the container, than as a response to the nutritional deficiency of the substrates used, since gains in height of aerial part, length and root biomass were verified in the different substrate compositions.

CONCLUSION

Murici germination is low and does not depend on the type of substrate used.

The exclusive use of commercial substrate and the incorporation of bovine manure, regardless of the proportion, limit the development of the root system of murici seedlings.

Substrates containing in its formulation mixtures of: soil, carbonized rice husk, commercial substrate and washed coarse sand, favor the daily growth rates of the shoot and the development of the root system of murici seedlings.

The period of 200 days after sowing is the ideal time for transplanting seedlings to the field. From which the daily growth rate of the number of leaflets decreases regardless of the type of substrate used in the production of murici seedlings.

ACKNOWLEDGMENTS

To the Goiano Federal Institute Campus Ceres for infrastructure. To the Institutional Program for Initiation Scholarships in Technological Development and Innovation for financial assistance.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results

REFERENCES

ALMEIDA, R. F.; FRANCENER, A.; AMORIM, A. M. A generic synopsis of Malpighiaceae in the Atlantic Forest. **Nordic Journal of Botany**, v. 34, n. 3, p. 285-301, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/njb.01016>

ARAÚJO R. R. Fenologia e morfologia de plantas e biometria de frutos e sementes de muricizeiro (*Byrsonima verbascifolia* L. Dc) do Tabuleiro Costeiro de Alagoas. [Dissertation]. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semi-árido; 2009. 81 p. Available in: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34415/1/OT09018.pdf>

ASSIS, E. S.; SILVA, F. G.; LEITE, M. S. *et al.* Morphological and anatomy characterisation of *Byrsonima verbascifolia* seeds and seedlings. **Seed Sci Technology**, v. 45, n. 3, p. 580-588, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2017.45.3.05>

BARROS, D. I. Tecnologia de sementes de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) [master's thesis]. Areia: Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias; 2006. 103 p. Available in: <https://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-71651/tecnologia-de-sementes-de-mangaba-hancornia-speciosa-gomes>

BIASI, L. A.; BILIA, D. A. C.; SÃO JOSÉ, A. R. *et al.* Efeito de misturas de turfa e bagaço de cana sobre a produção de mudas de maracujá e tomate. **Sci. Agr.**, v. 52, n. 2, p. 239-243, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161995000200006>

CABRAL, E. M. S.; CASTILHO, R. M. M.; PAGLIARINI, M. K. Germinação de sementes e desenvolvimento de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *Stilbocarpa*). **Rev Electr Thesis**. n. 23, p. 16-28, 2015. Available in: https://www.researchgate.net/publication/326782533_GERMINACAO_DE_SEMENTES_E_DESENVOLVIMENTO_DE_MUDAS_DE_JATOBA_Hymenaea_courbaril_L_var_Stilbocarpa_ELIS_MARINA_DA_SILVA_CABRAL_1_REGINA_MARIA_M_DE_CASTILHO_2_MAXIMILIANO_KAWAHATA_PAGLIARINI_3_RESUMO

CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O. Caracterização dos pirênios e métodos para acelerar a germinação de sementes de murici do clone Açú. **Rev Bras Frutic.**, v. 30, n. 3, p. 775-781, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000300036>

CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O.; MÜLLER, C. H. Propagação do Murucizeiro (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich.). **In**: CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO,

W. M. O.; MÜLLER, C. H. (Eds.). Produção de mudas de espécies frutíferas nativas da Amazônia. Fortaleza: Instituto Frutal. 2007. p. 87-99.

CECONI, D. E.; POLETTO, I.; LOVATO, T.; MUNIZ, M. F. B. Exigência nutricional de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hills) à adubação fosfatada. **Ciênc. Florest.** v. 17, n. 1, p. 25-32, 2007. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981932>

DIAS, T. J.; FERREIRA, C. S.; SOUZA, V. A. B. *et al.* Diferentes composições de substratos no crescimento de mudas de genótipos de mangabeira (*Hancornia speciosa* GOMES). **Eng Amb.**, v. 7, n. 3, p. 92-107, 2010. Available in: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27944/1/EA-2010-487.pdf>

DONADIO, L. C.; MÔRO, F. V.; SERVIDONE, A. A. Frutas Brasileiras. Jaboticabal: Novos Talentos; 2004. 248 p.

GARRITANO, G.; JORGE, C. L.; GULIAS, A. P. S. M. Murici. *In*: VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D.B.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M (Eds.), Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; 2006. p. 236-246.

HUNTER, A. H. Laboratory analysis of vegetal tissues samples: international soil fertility and improvement laboratory procedures Raleigh. Raleigh: North Caroline State University, Department of Soil Science; 1974.

KAUSHAL, S.; KUMARI, P. Growing media in floriculture crops. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v.9, n. 2, p. 1056-1061, 2020.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum; 2002. 384 p.

MASSI, K. G. Effects of mineral fertilization on seed production, germination and seedling biomass of *Dalbergia miscolobium* Benth. **Rev. Árvore.**, v. 39, n. 6, p. 1039-1046, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000600006>

MELO, J.; SILVA, J. A.; TORRES, R. A. A. *et al.* Coleta, propagação e desenvolvimento inicial de espécies do cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P (Eds.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: Embrapa – CPCA; 1998. p. 195-243.

MOTA, E. E. S. Caracterização fenotípica e variação quantitativa em *Dipteryx alata* Vog. (Barueiro) do Cerrado [dissertation]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia; 2013. 84 p. Available in: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/7448>

MURAKAMI, D. M.; BIZAO, N.; VIEIRA, R. D. Quebra de dormência de semente de murici. **Rev Bras Frutic.**, v. 33, n. 4, p. 1257-1265, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400026>

NOGUEIRA, R. C.; PAIVA, R.; CASTRO, A. D. *et al.* Germinação *in vitro* de Murici-pequeno (*Byrsonima intermedia* A. Juss.). **Ciênc Agrotec.**, v. 28, n. 5, p. 1053-1059, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000500012>

NOVAES, C. R. D. B. Variabilidade e divergência genética de caracteres quantitativos e marcadores neutros em populações de *Eugenia dysenterica* DC. [master's thesis]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia; 2014. 223 p. Available in: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/9835>

PEIXOTO, K. S.; ALMEIDA, D. S.; CAPUZZO, J. P. *et al.* Sistema de polinização e reprodução do muricizeiro *Byrsonima crassa* (Malpighiaceae). **Rev Electr Univ.**, v. 3, n. 6, p. 17-21, 2011. Available in:

https://www.researchgate.net/publication/279698097_SISTEMA_DE_POLINIZACAO_E_REPRODUCAO_DO_MURICIZEIRO_Byrsonima_crassa_MALPIGHIACEAE/citations#fullTextFileContent

PINHEIRO, E. A.; SANTOS, D. P.; FERREIRA, W. M.; COIMBRA, R. R. Seed germination of natural populations of *Hancornia speciosa* in different substrates. **Biodiversidade.**, v. 19, n. 2, p. 166-176, 2020. Available in: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/10423>

PRISA, D. Alternative substrates based on green compost in *Agave victoria-reginae* and *Agave striata minima*. GSC Biological and Pharmaceutical Sciences, 2023, v. 24, n. 3, p. 22-27, 2023. DOI: <https://doi.org/10.30574/gscbps.2023.24.3.0357>

R Development Core Team R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. 2015.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres/Potafos; 1991, 343 p.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**: Planaltina: EMBRAPA-CPAC; 1998. 556 p.

ROMANO, G.; RICCI, G. F.; LERONNI, V.; VENERITO, P.; GENTILE, F. Soil bioengineering techniques for Mediterranean coastal dune restoration using autochthonous vegetation species. **Journal of Coastal Conservation**, v. 26, n. 71, p. 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11852-022-00912-0>

SANTOS, M. P.; SIQUEIRA, A. P. S.; GARCIA, L. G. C.; VASCONCELOS, L. H. C.; SOUZA, E. R. B. Survival and establishment in field of mangabaseedlings transplanted at different ages. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 1, p. 102-107, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v9i1.2572>

SANTOS, L. C. R.; COSTA, E.; LEAL, P. A. M. *et al.* Ambientes protegidos e substratos com doses de composto orgânico comercial e solo na formação de mudas de jatobazeiro em Aquidauana - MS. **Eng. Agríc.**, v. 31, n. 2, p. 249-259, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000200005>

SCHAFER, G.; LERNER, B. L. Physical and chemical characteristics and analysis of plant substrate. **Ornam. Hortic.** (Viçosa), v. 28, n. 2, p. 181-192, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v28i2.2496>

SCHAFER, G. Plant substrate. **Ornamental Horticulture**, v.28, n. 2, p. 140-141, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v28i2.2459>

SILVA, D. P. C. Embriogênese somática e potencial uso de marcadores moleculares embriogênicos em *Byrsonima intermedia* A. Juss. (murici-pequeno) [master's thesis]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2010. 125 p.

SILVA, E. A.; MARUYAMA, W. I.; OLIVEIRA, A. C.; BARDIVIESSO, D. M. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). **Rev. Bras. Frutic.**, v. 31, n. 3, p. 952-959, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000300043>

SILVA, E. A.; OLIVEIRA, A. C.; MENDONÇA, V.; SOARES, F. M. Substratos na produção de mudas de mangabeira em tubetes. **Pesq Agrop Trop.** v. 41, n. 2, p. 279-285, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5216/pat.v41i2.9042>

SOBRINHO, S. P.; LUZ, P. B.; SILVEIRA, T. L. S. *et al.* Substratos na produção de mudas de três espécies arbóreas do cerrado. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.**, v. 5, n. 2, p. 238-243, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v5i2a741>

SOUZA, E. R. B. Avaliação da emergência, crescimento inicial e sobrevivência de plantas de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.). [dissertation]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia; 2000. 111 p.

SOUZA, V. R.; ANICETO, A.; ABREU, J. P. *et al.* Fruit-based drink sensory, physicochemical, and antioxidant properties in the Amazon region: Murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth and *verbascifolia* (L.) DC) and tapereba (*Spondia mombin*). **Food Sci Nutr.**, v. 8, n. 5, p. 2341-2347, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1520>

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. Porto Alegre: Artmed; 2003. 954 p.

VASCONCELOS FILHO, S. C. Caracterização anatômica e histoquímica de folhas, calogênese e fitoquímica de calos de murici (*Byrsonima verbacifolia* (L.) Rich, ex Juss.). [Dissertation]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2008. 70 p. Avaliable in: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/2494>

VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S.; SILVA, D. B.; SANO, S. M.; FERREIRA, F. R. Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 322p.

STUDY OF ALGORITHMS APPLIED TO VOICE SIGNAL ANALYSIS: RECOGNITION OF VOICE PATTERNS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Amivaldo Batista dos Santos¹
Solange da Silva²
Pedro José Abrão³
Luana Machado dos Santos⁴

ABSTRACT

This study refers to the perspective of voice signal standard recognition using Artificial Intelligence (AI) through Artificial Neural Networks techniques (ANN), using the Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCCs), that extracts voice signal characteristics. The purpose of this paper was recognizing voice signal patterns from the Fire Department of the State of Goiás database. The literature review allows to analyse algorithms that analyse voice signal. Posteriorly, experiments with the same algorithms were done in order to find a pattern of recognition that could identify voice signal characteristics of a phone conversation, in which the facts could be classified as probably true or false. The results of the experiments done with the MFCC algorithm along with AI demonstrated that the extraction of the voice signal characteristics provided by the MFCC is consistent and permit to model a database to study the recognition of voice signal patterns. Thereby, it was possible to identify the user and the attendant's voice in a phone call, as well as identify the characteristics of the female, male and child's voice.

Keywords: Pattern recognition. Voice analysis. MFCC. AI-Mel Frequency.

ESTUDO DE ALGORITMOS APLICADOS À ANÁLISE DE SINAIS DE VOZ: RECONHECIMENTO DE PADRÕES DE VOZ UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

RESUMO

Este estudo se refere à perspectiva de reconhecimento padrão de sinal de voz utilizando Inteligência Artificial (IA) por meio de técnicas de Redes Neurais Artificiais (RNA), usando os Coeficientes Cepstrais de Frequência Mel (MFCCs), que extraem características do sinal de voz. O objetivo deste artigo foi reconhecer padrões de sinal de voz a partir do banco de dados do Corpo de Bombeiros do Estado de Goiás. A revisão da literatura permite analisar algoritmos que analisam o sinal de voz. Posteriormente, experimentos com os mesmos algoritmos foram realizados para encontrar um padrão de reconhecimento capaz de identificar características de sinais de voz de uma conversa telefônica, na qual os fatos poderiam ser classificados como provavelmente verdadeiros ou falsos. Os resultados dos experimentos realizados com o algoritmo MFCC juntamente com a IA demonstraram que a extração de características do sinal de voz fornecidas pelo MFCC é consistente e permitiu modelar um banco de dados para estudar o reconhecimento de padrões de sinais de voz. Assim, foi possível identificar o usuário e a voz do atendente em uma chamada telefônica, bem como identificar as características da voz feminina, masculina e infantil.

Palavras-chave: Reconhecimento de padrões. Análise de voz. MFCC. IA-Frequência Mel.

Received August 28, 2023. Approved December 07, 2023

¹ Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas - PUC – Goiás. Graduado em Tecnologia em Processamento de Dados pelo Centro Universitário de Goiás - Uni-Anhanguera. Especialista em em Orientação a Objetos e Internet pela Uni Anhanguera. Atualmente professor no Instituto Federal Goiano. E-mail: amivaldo@gmail.com

² Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia. Mestre em Engenharia Elétrica e de Computação pela Universidade Federal de Goiás. Graduada em Ciências - Habilitação em Matemática pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Especialista em Computação pela PUC Goiás. Atualmente professora na PUC Goiás. E-mail: solansilva.ucg@gmail.com

³ Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá. Mestre Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia. Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia. Atualmente professor titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. E-mail: pedro.abrao@ifg.edu.br

⁴ Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela PUC Goiás, Especialista em Gestão Empresarial com Ênfase em Consultoria pela UNIGOÍÁS, Metodologias Ativas e Tecnologias Educacionais. Graduada em Administração pela PUC Goiás. Atualmente professora no Centro Universitário Araguaia. E-mail: luana.santos.adm@hotmail.com

INTRODUCTION

The studies of the pattern recognition and the algorithms implementation with the use of Artificial Intelligence (AI) has made possible a breakthrough in voice recognition. With this development the computational improvements have presented machines that were able to analyse and synthesize the human voice (VERMA, KUMAR, KAUR, 2018).

In the field of psychology, the efforts of researchers to establish a standard for the treatment and recognition of individuals is noticed, mainly in cognitive psychology, which is an area of investigation that can be seen in the publication of Neisser's book (1967). However, the cognitive approach was disclosed by Broadbent, in 1958, in his book Perception and Communication. Since then, the dominant paradigm in the area has been information processing, a model defended by Broadbent. In this line of thought, it is considered that mental processes are comparable to software to be executed by computers that in this case would be the brain. Theories of information processing are based on notions such as: input, representation, computing or processing and outputs (MATLIN, 2004).

In the 20th century, cognitive psychology received a major boost through AI studies, which allows to relate and compare, in a certain way, the human and animal processing of information with electronic processes, such as the computer. As a theory of human behavior, cognitive psychology has emerged as an alternative (ANDERSON, 2004).

Theodoridis and Koutroumbas (2006, p. 58) claim that automatic recognition of emotions is an interdisciplinarity, i.e., a field of research that deals with the algorithmic detection of human affection, such as: anger or sadness, from a variety of other sources, such as speech or facial gestures. Each one is combined with certain advantages and difficulties. Modalities such as: speech, facial gestures or body pose are relatively easy to detect (for example, through a microphone or a camera) and interpret by humans.

Human emotions are laborious to characterize and categorize (ORTONY; CLORE; COLLINS, 1988). The machine learning for the recognition of human emotions is constantly improving. The emotion recognition solutions depend on which emotions we want a machine to recognize and why (YACOUB et al., 2003).

Sentimental or opinion mining analysis is the field of study that analyzes people's attitudes, emotions, feelings and opinions towards entities, such as products, services, organizations, events, topics and the attributes of those collectives. It is a challenging field in Neural Processor Language (NPL), since it deals with several issues of how it is treated through the negation and withdrawal of keywords and can cover many other problems, from the classification in relation to the polarity of an opinion to the process of summarizing the general feeling about something (LIU, 2012).

The algorithms for the signal analysis existing in voice literature were studied, aiming to understand how they were used. This kind of investigation provided a summary of the evidence related to experiments, exploratory studies, among others. That way, this article will serve as a basis for studying algorithms that analyze voice signals, through the application of explicit and systematic methods of searching, critical appreciation and synthesis of the selected information, enabling a possible voice recognition pattern. Thus, facts are indicated in a telephone conversation which can probably be classified as true or false. The voice recognition pattern in a telephone conversation may assist the telephone answering service of emergency services (for example: Fire Department) that daily receive false information on telephone calls.

According to the context, this article aims to answer the following research question: Can the MFCC algorithm, together with AI techniques, assist in voice pattern recognition in a telephone call?

This article is organized as follows: Section 1 provides the introduction, in which the

purpose of the article is addressed. Section 2 presents the theoretical reference with concepts, definitions and related projects. Section 3 presents the methodology used in the analysis of this project. Section 4 concludes the studies carried out.

Theoretical Reference

Countless social networks express emotions and feelings about companies and their services; it is possible to foresee several stressful situations with customers and, with that, search for better service in order to achieve continuous improvement through feedbacks and possible preventive actions; internally analyzing corporate service. The attendant is usually exposed to training and various adjustments for a good service, however it is impossible to analyze, at that moment, all possible deviations from conduct and reckless cases in gauged words (LIU, 2012).

In a Mel Frequency Cepstral Coefficient (MFCC) and Linear Predictive Cepstral Coefficients (LPCC), voice resources are often used. Consecutively, the Gaussian Mixture Model (GMM) is normally used as a classifier for the recognition of the person who speaks (speaker) (AWAIS et al., 2018).

YU et al. (2001), used Support Vector Machines (SVMs) to detect emotions. They built classifiers for four emotions: anger, joy, sadness and neutral. Since SVMs are binary classifiers, their recognizers worked on detecting one emotion versus the rest. An average accuracy of 73% has been reported.

For the abstraction algorithm, speech is reduced in up to 13 different sub-bands, revealed by MFCC filtering, followed by Discrete Fourier Transform (DFT). MFCC filtering can simulate human sound related features and improve individual speech intelligibility. Although DFT cannot efficiently examine the non-stationary, in addition to the non-linear voice signal. The speech is broken into 9 sub-bands, separated by the Discrete Wavelet Transform (DWT). That way the voice signal becomes energy transmission, owning 9 energy probabilities and drifts to make a vector of characteristics, extracted through these sub-bands. In order to solve the DFT problem, the DWT can examine the conversation successfully. In addition, it can react with MFCC filtering, considering the resource related to human sound. However, the sudden changes that occur in resources related to human sound cannot be recognized by the distribution of energy. The MFCC represents one of the main descriptives forms of signal (AWAIS et al., 2018).

According to Mohamed (2012), in automatic speech recognition, he lists some tools that work with machine learning with a supervised and unsupervised approach, such as:

- **SenticNet**, which makes up a set of tools and techniques for analyzing feelings that combine reasoning with common sense, psychology, linguistics and machine learning;
- **SentiWord**, based on the Mexico WordNet dictionary, which groups adjectives, verbs and other grammatical classes into sets (synset) in a semi-supervised approach;
- **Lexicon Sentiment1401**, also known as TwitterSentiment, allows you to discover feelings related to a brand, product or topics on Twitter;
- **Valence AwareDictionary for SentimentReasoning (VADER)**, sentiment analysis tool, developed to evaluate messages in the context of Twitter and other online social media that does not require training.

YACOUB et al. (2003), considers that the performance of a voice classifier depends a lot on the quality of the database used for training and testing and its similarity with real samples (generalization). Speech data used to recognize voice tests can be grouped into three categories, depending on how the speech signal was recorded. The first method uses actors to record sayings. Each statement is spoken with various faked emotions. The actors are given time to imagine themselves in a specific situation before speaking. The second method, called OfOz Assistant, uses a program that interacts with the actor and takes him into a specific emotional situation and

then records his responses.

The third method, which is harder to obtain, is the recording of real-world statements that express emotions. Automatic speech recognition consists of two parts. The first part is training part in which the entire speaker database is created and the other part is testing the one on which occurs speech recognition. Different phases of speech recognition are: Feature Extraction (speech analyzer) and Matching process (Speech Classifier). Feature Extraction is necessary because there is not much variability in the digital waveform, so it reduces variability. Extraction of characteristics take out resources that can be analyzed in loudspeaker. There are different techniques of extracting resources presented as Linear Predictive Coding (LPC), Perceptual Linear Coding (PLC) and MFCC, etc. (VERMA, KUMAR, KAUR, 2018).

MFCC represents the power spectrum for the speech signal on the basis of the transformation of the voice signal. On the MFCC frequency scale, the linear frequency spacing is less than 1000Hz and for a log it is greater than 1000Hz. In the process of extracting characteristics, continuous speech is introduced for windowing. After that, a voice signal, which is in a continuous form, is converted into window frames. These frames are then transmitted to the Fourier Transform process, which transforms window frames into a spectrum, generating analyzes of the voice signal (VERMA, KUMAR, KAUR, 2018).

The EMOSpeech tool is being widely used to analyze speech, allowing call center companies to analyze recorded calls. It is based on a model that recognizes different emotions in a spectrum of acoustic emotions and this contributes to identify the emotion using some properties of the voice. Based on several samples, the program is able to detect anger, joy, sadness, tranquility. In addition, the company provides initials (API) for developers (VERMA, KUMAR, KAUR, 2018).

METHODOLOGY

This research consisted of a theoretical study, raising the concepts and definitions about the theme and describing the tools to be used and a practical study, looking for the related literature works, through book reviews, theses, essays and regular articles of the area. The experiments were carried out using the SenticNet, SentiWord, Lexicon Sentiment1401 and Vader tools.

As for the procedures, this research can be classified as a case study and experimental study. The case study is used in both biomedical and social sciences, which consist of a detailed study of a research object, which allows to have knowledge about the subject (GIL, 2002).

As for the technical procedures, the formulation of the problem, the execution planning, data collection and data analysis are accomplished. In the Case Study, the focus is the collection research of a specific real activity of the Fire Department to identify patterns in the phone calls voice analysis received by them. The experimental research presents the aspect of manipulation of reality by the researcher (MARTINS; MIGUEL, 2012). Thus, it can determine an object of study and there are variables selected that are executed on that target, they are registered as forms of manipulation and observations of the effects of variables on that object (GIL, 2010). It was necessary to have experiments done in order to identify false calls risks, using mechanisms for deepening customer service, observing the effects produced.

After analyzing the literature, a test was performed with the MEL algorithm to do the voice analysis. The MatLab software version 2018B implements this algorithm in the Simulink module. The MFCC technique was chosen because it has better precision in extracting the voice signal characteristics.

It was verified that the analysis performed by the MFCC brings a total of 14 Cepstral coefficients that are extracted from the sub-bands to prepare a vector of characteristics along with the pitch - the word pitch can be understood as the frequency measured in an audio signal.

And through the pitch it is possible to classify the voice signal in: male voice; female and child voice.

The Pitch coefficient after processing in MatLab, results in the frequency of the voice in Hertz (Hz), allowing to analyze whether it is a male, female or child voice. The pitch is also called the fundamental frequency and represents the frequency of vibration of the vocal cords. Values considered low, which are between 85 and 180 Hz, are often male, considering an adult in normal speech. The frequency for female voice can vary from 165 to 255 Hz. For children and mostly babies, the values are above 300 Hz. The pitch is calculated from the standard deviation of the samples from the first MFCC coefficient.

The intermediate layer is composed of 10 neurons that will learn the network; this number was parameterized according to tests that were carried out and it was verified that this is the number necessary to have a good training of the Artificial Neural Network (ANN) presented.

Availability of data and materials

The data supporting the investigations of this study were available at the Military Fire Department of the State of Goiás, but it's worth noting that there is a restriction on the availability of this data, which was used under license for the current study and therefore is not accessible to the public. However, the data has been made available upon reasonable request and with permission from the Military Fire Department of the State of Goiás.

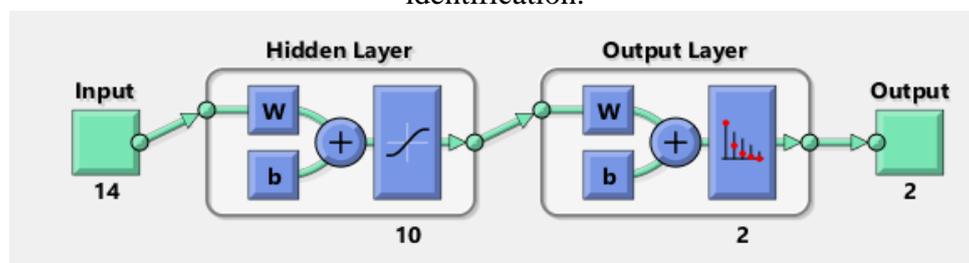
RESULTS AND DISCUSSION

Through the analysis of the database provided by the Fire Department of the State of Goiás, it was possible to verify the learning of the initial ANN, using the `nstart` module of MatLab version 2018- B.

From 498 samples for attendants recognition, ANN identified 496 correctly, and only two samples were incorrectly identified. For the 498 samples for recognition, all users (100%) were correctly identified. It is concluded that the ANN had a 99.8% efficiency in training for user and attendant identification.

In the experiments, a matrix of 996 samples (498 of users and 498 of attendants) was used, with 14 MFCC coefficients, which permitted to generate an ANN that to identify an audio file of a phone call, both the user's voice and the attendant's voice. In addition, it also identifies whether it is a male, female or child voice. An ANN was generated and it allowed to identify, in an audio file, both user and attendant, as shown in Picture 1.

Picture 1 – Artificial Neural Network instruction representation for user and attendant identification.



Source: Elaborated by the authors (2020).

The RNA model above consists of 14 inputs, which are the coefficients extracted from the voice with the MFCC algorithm and are constant in the input data matrix which has 996 voice samples, being classified into two files, one for the attendant and the other for the user. Thereby,

only five seconds of all data were extracted, and consequently, the MFCC provided an archive of 498 copies of attendants and users.

The intermediate layer is composed of 10 neurons that will make the learning of the network; this number was parameterized according to tests that were done, and it was verified that this is the right necessary to have a good training of the ANN presented, because the amount of neurons is parameterized empirically, observing the result of learning the neural network.

The output layer has two possible binary responses, which are: 10 to identify that the voice is from an attendant, and 01 to identify that the voice is from a user.

To identify fake calls it is necessary to classify the voice of the user and the attendant, as the user's voice will be subjected to a voice pattern recognition so that the research question can be answered.

Using the data set developed for this work, this step aims to obtain the voice distinction between the attendant and the user. This is done through an Artificial Neural Network and consisted of 14 entries, representing the coefficients extracted from the voice with the MFCC algorithm and are constant in the input data matrix which has 996 copies of voices, 498 of attendants and 498 of users. The middle layer was composed of 10 neurons that learned the network. This number was parameterized in an empirical way and the tests were satisfactory. As it had been considered empirical, ANN was also trained with only two neurons.

Table 1 shows the result of the confusing matrix of ANN training with 10 neurons, 498 copies of attendant voices and 498 copies with user voices, the first column identifies the phase of ANN training, the second column shows the amount of attendant voice copies, and the third column the number of user voice copies. For ANN training a percentage of 70% was used for training, and for validation 15%, and the test phase 15%.

Table 1 – Result of the ANN training of 996 copies with 10 neurons.

Confusing Matrix	Nº Copy Attendant	Nº Copy User
Training (correct)	353 (50,6%)	345 (49,4%)
Training (incorrect)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Validation (correct)	67(45,0%)	82 (55,0%)
Validation (incorrect)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Test (correct)	78 (52,3%)	71 (47,7%)
Test (incorrect)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Total ANN (correct)	498 (50,0%)	498 (50,0%)
Total ANN (incorrect)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
ANN correct rate	100%	100%

Source: Elaborated by the author (2020)

Table 1 shows that ANN identified all copies of both the user and the attendant without any error. Table 2 shows the ANN training with the same sample as in Table 1, but using 2 neurons.

Table 2 – Result of the ANN training of 996 copies with 2 neurons

Confusing Matrix	Nº Copy Attendant	Nº Copy User
Training (correct)	353 (50,6%)	345 (49,4%)
Training (incorrect)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Validation (correct)	72(48,3%)	77 (51,7%)
Validation (incorrect)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Test (correct)	73 (49,0%)	76 (51,0%)
Test (incorrect)	0 (0,0%)	0 (0,0%)

Total ANN (correct)	498 (50,0%)	498 (50,0%)
Total ANN (incorrect)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
ANN correct rate	100%	100%

Source: Elaborated by the author (2020)

Table 2 shows that the ANN identified all copies of both user and attendant without any error, only the number of copies of the validation and test that were different from the training with 10 neurons, however the percentage of correct identification of the samples remained with no mistakes.

Noticing the two trainings it is possible to conclude that for this sample of data the training with 2 neurons is just enough for satisfactory results.

The results of the sample submitted to the identification of the attendant and user voice are shown in Table 3, the sample has 498 copies of the attendant voice and 498 copies of the user voice.

Table 3 – Confusion Matrix of 996 copies – Identification of attendant and user

Confusing Matrix	N° Copy Attendant	N° Copy User
ANN correct rate	493 (49,5%)	494 (49,6%)
ANN incorrect rate	5 (0,5%)	4 (0,4%)

Source: Elaborated by the author (2020).

The results in Table 3 show that 493 samples of the 498 sampled to classify attendant are correctly classified. So the error rate is 0.5%. From 498 copies for user classification, 494 were classified correctly and only 0.4% were classified incorrectly. It is concluded that the ANN had an efficiency of 99.1% (correct answers) in the training for user and attendant identification.

A sample with 498 copies of attendant was submitted to ANN and the result is shown in Table 4.

Table 4 – Confusion Matrix of 498 copies – Identification of the attendant

Confusing Matrix	N° Copy Attendant	N° Copy User
ANN correct rate	495 (99,4%)	0 (0,0%)
ANN incorrect rate	3 (0,6%)	0 (0,0%)

Source: Elaborated by the author (2020).

It is noted in Table 4 that the result for identifying the attendant was 99.4% correct. Only 3 copies were not properly identified. As there were only entries of examples of attendants, the confusion matrix shows zeroed results for user identification, that way, the efficiency of the ANN is verified. A classification was also performed with a sample that contains only copies of the user's voice, the results are shown in Table 5.

Table 5 – Confusion Matrix of 498 copies – Identification of the user

Confusing Matrix	N° Copy Attendant	N° Copy User
ANN correct rate	0 (0,0%)	497 (99,8%)
ANN incorrect rate	0 (0,0%)	1 (0,2%)

Source: Elaborated by the author (2020).

Table 5 shows that the result for user identification was 99.8% correct. Only 1 copy was not properly identified. The result for attendant identification is zeroed (0.0%), as there were only entries from users' samples.

FINAL CONSIDERATIONS

This article aimed to confirm whether the MFCC algorithms, along with AI techniques, could assist in the recognition of voice patterns of a phone call, with the target of study to identify fake calls "prank calls" from a phone call. A database of the Fire Department of the State of Goiás was used, using algorithms to extract voice signal characteristics along with AI.

Studies have shown that the extraction of voice characteristics processed in a neural network allows the person to identify who are the attendant and the user. The database allowed them to be presented during the experiments, since the training with the ANN was satisfactory, as the tests carried out showed an assertion of more than 98% in the recognition of patterns.

The results of the experiments carried out with the MFCC algorithm along with AI, demonstrated that the extraction of the characteristics of the voice signal provided by the MFCC is consistent and allow to model a database to study the recognition of voice signal patterns.

Thus, it was possible to identify the voice of the user and the attendant in a telephone call, as well as to identify the characteristics of the female, male and child voice. And from the analysis of the ANN it was concluded that the extractions of the voice characteristics provided by the MFCC are consistent and allow the author to explore a database and, to study voice pattern recognition, in order to direct new researches that can work subjects that relative to the voice signal characteristics.

REFERENCES

- AWAIS, Ahmed et al. Speaker recognition using mel frequency cepstral coefficient and locality sensitive hashing. In: **2018 International Conference on Artificial Intelligence and Big Data (ICAIBD)**. IEEE, 2018. p. 271-276.
- CAUCHICK MIGUEL, Paulo Augusto et al. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. **Rio de Janeiro: Elsevir**, 2ª Edição, 2012.
- GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 5ª Edição, 2010.
- JOHN R.(PSYCHOLOGE) ANDERSON. **Psicologia cognitiva e suas implicações experimentais**. LTC Ed., 2004.
- LIU, Bing. **Sentiment analysis and opinion mining**. Morgan and Claypool Publishers, 2012.
- MATLIN, Margareth. **Psicologia cognitiva**. 5º Edição, Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- MOHAMED, Abdel-rahman; DAHL, George E.; HINTON, Geoffrey. Acoustic modeling using deep belief networks. **IEEE transactions on audio, speech, and language processing**, v. 20, n. 1, p. 14-22, 2012.
- ORTONY, Andrew; CLORE, Gerald L.; COLLINS, Allan. The cognitive structure of emotions. 1988.
- THEODORIDIS, S. KOUTROUMBAS, K. **Pattern Recognition**, 3ª Edição, São Paulo: Elsevier, 2006.
- YACOUB, Sherif M. et al. Recognition of emotions in interactive voice response systems. In: **Interspeech**. 2003.
- YU, Feng et al. Emotion detection from speech to enrich multimedia content. In: **Pacific-Rim Conference on Multimedia**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2001. p. 550-557.
- VERMA, Amit; KUMAR, Amit; KAUR, Iqbaldeep. Automatic speech recognition using Mel-

frequency cepstrum coefficient (MFCC) and vector quantization (VQ) techniques for continuous speech. **International Journal of Advanced and Applied Sciences**, v. 5, n. 4, p. 73-78, 2018.

OPTIMUM DESIGN OF PRESTRESSED HOLLOW CORE SLAB VIA GENETIC ALGORITHM

Karina Barth Ferro¹¹
Alessandro Murta Baldi²
Élcio Cassimiro Alves³

ABSTRACT

The search for more efficient solutions in reinforced concrete buildings is necessary, in view of the industrialization process of the civil construction sector. Within this scenario, the use of hollow core slabs becomes an interesting process, in view of the speed of execution and the possibility of overcoming larger spans. This paper presents a formulation for the design optimization problem of prestressed reinforced concrete hollow core slabs. The procedure was implemented with Matlab, following design guidelines from the ABNT (Brazilian Association of Technical Standards), according to the standards NBR 6118:2023, NBR 14861:2011 and NBR 9062:2017 and using the guide toolbox to build a Graphical interface. The optimization problem was solved using the genetic algorithm feature native to Matlab, considering the minimization of manufacturing cost of the slab as the objective function. Numerical examples show improvements of the final design, with smaller free spans presenting the serviceability limit state (SLS) as the preponderant design restriction, while the design of larger spans is governed by the tensile forces on the upper surface of the slab during prestressing.

Keywords - Hollow Core Slab, Prestress, Genetic Algorithm, Optimization.

PROJETO ÓTIMO DE LAJES ALVEOLARES PROTENDIDAS VIA ALGORITMO GENÉTICO

RESUMO

A busca por soluções mais eficientes em edifícios de concreto armado é necessária, em vista do processo de industrialização do setor de construção civil. Nesse cenário, o uso de lajes alveolares torna-se um processo interessante, em vista da velocidade de execução e da possibilidade de vencer vãos maiores. Este artigo apresenta uma formulação para o problema de otimização do projeto de lajes alveolares de concreto protendido. O procedimento foi implementado no Matlab, seguindo as diretrizes de projeto de acordo com as normas brasileiras e usando a toolbox do guia para construir uma interface gráfica. O problema de otimização foi resolvido usando o algoritmo genético nativo do Matlab, considerando a minimização do custo de fabricação da laje como função objetivo. Exemplos numéricos foram analisados de forma a validar a otimização e os resultados demonstraram promissores no projeto final, com vãos livres menores apresentando o estado limite de serviço como a restrição de projeto preponderante, enquanto para os vãos maiores o estado governante foi as forças de tração na superfície superior da laje durante a protensão.

Palavras-chave - Laje Alveolar, Protensão, Algoritmo Genético, Otimização

Received July 26, 2023. Approved December 08, 2023

¹ Departamento Engenharia Civil – Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: karina.ferro@edu.ufes.br

² Departamento de Computação – Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: alessandro.baldi@edu.ufes.br

³ Departamento Engenharia Civil – Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: elcio.alves@ufes.br

INTRODUCTION

The industrialization and economic development of the world were the main factors leading to the industrialization of civil construction processes. The demand for faster building assembly and slenderer structures with ever-increasing span lengths stimulated the use of prefabricated concrete elements, and subsequently, the installation of an industry for prefabricated structures.

Prefabricated concrete structures provided speed, quality, and reduction of labor-related costs in civil construction, and, along with prestressing techniques, allowed the construction of structures featuring more headroom and larger free spans.

After consolidated in the United States and Europe, industries of prefabricated concrete structures began being installed in Brazil. Starting in the '1970s after the development of extrusion machines and molds for concrete elements, a popularization of alveolar panels was observed, usually implemented in buildings as floor slabs or enclosure elements.

Recent studies such as those presented by Motlagh and Rahai (2022) and Maghsoudi and Maghsoudi (2019) demonstrate the importance of structures via numerical or experimental analysis of the effects of prestressing on reinforced concrete elements in the short and long term.

Cheng et al. (2021) presents a study of Flexural performance test of a prestressed concrete beam with plastic bellows and Low et al. (2019) analyzed in the experimental and numerical study the interface slip of post-tensioned concrete beams with stage construction.

According to NBR 9062:2017, prefabricated elements are industrially produced by companies focused on this activity, using rigorous technological controls, specialized labor and machinery capable of providing quality and efficiency to the fabrication process. These elements are produced in factories outside of the building site in which they will be installed, eliminating the need for on-site installations to perform technological controls.

Since they are prefabricated concrete elements featuring prestressed tendons, hollow core slabs present various benefits, which include reduction of weight due to the empty spaces resulting from the extrusion of alveoli, capacity of covering longer spans using slabs with reduced thickness and rigorous technological control, thus ensuring the quality and efficiency of structural elements, along with reducing labor costs attributed to construction. Floor systems featuring hollow core slabs present faster production and assembly since there is no need for shuttering and on-site formwork. These elements may be used in a variety of structural systems such as prefabricated concrete, cast-in-place concrete, structural masonry and steel-concrete composite systems.

The application of optimization techniques to the design of structural elements has increased in recent decades, as observed in the papers published by Senouci and Al-Ansari (2009), Erdal, Dogan and Saka (2011), Kripka, Medeiros and Lemonge (2015), Santoro and Kripka (2020), Tormen et al. (2020), Luévanos-Rojas et al. (2020), among others.

However, as stated by Lippiatt (2007), Paya-Saforteza et al. (2009), Camp and Huq (2013), Park et al. (2014), Yepes, Martí and García-Segura (2015), Kaveh and Ardalani (2016), Santoro and Kripka (2020) and Tormen et al. (2020), Kaveh et al.(2020), Kaveh et al.(2022) optimization procedures focused solely on financial costs may not be sufficient to determine the optimal design of a structure. Environmental impact studies, that account for the life-cycle of materials and their effects on the natural environment became an important factor that should also be considered.

Among the bioinspired methods usually implemented to solve optimization problems, Genetic Algorithms (GA) are one of the most prominent. This method is based on the principles of Darwinian natural selection and its formulation was first introduced by John Holland during the 60's. GA is based on selecting from an initial population with or without restrictions, parent individuals to form a new

generation composed of increasingly apt individuals, i.e., the offspring. After several iterations, individuals corresponding to improved solutions are selected, and the final group is regarded as the optimal solution to the problem.

Cho et al. (2001) performed an optimization study using GA to evaluate the life cycle of bridges featuring orthotropic steel decks, which consist of ribbed steel sheets reinforced transversely, longitudinally, or in both directions. Since this was a life-cycle analysis, the study considers initial and maintenance costs of the structure, with adjustments in strength, deflection and fatigue of the structure. The study concludes that the optimization analyses lead to a more rational, economical and safer design when compared to conventional methods.

Kuan-Chen Fu et al. (2005) used GA to determine the optimal design of welded steel girder bridges, with the chief objective of minimizing the weight, and consequently the cost of the structure. The study includes beams of single and continuous spans with different lengths, and results show that GA yields satisfactory results, highlighting the similarity between GA designs and real-world structures when discrete variables are adopted.

Kripakaran et al. (2011) developed a decision-making support system based on GA for the structural optimization of rigid steel frames with variations in connection type. The authors also highlight the advantages of using GA with discrete variables. This characteristic is explored by the program subsequently presented herein.

Kociecki and Adeli (2015) used GA as part of an optimization program for steel structures and Prendes-Gero et al. (2018), who applied the same method to optimize steel frames basing formulations on different design standards, observed improvements of approximately 10% in comparison to non-optimized designs. Both studies also point to the possibility of using discrete variables when applying GA as an important tool for reaching satisfactory results.

Akbari and Ayubirad (2017) studied the optimum design of steel structures using Gradient Gased and Genetic Algorithm. The authors compared the use of Genetic Algorithm with do Sequential Quadratic Programming for different steel frames structures.

Malveiro et al. (2018) implemented GA on a study of bridges and viaducts, featuring numerical models validated by experimental data. The algorithm was used to calibrate parameters, calculating optimal values for the most significant physical properties with the objective of increasing the correlation between numerical and experimental results.

Yildirim and Akcay (2019) proposed a model for reducing the time and cost of the development of projects using GA in combination with the Fuzzy logic.

Aydin (2022) did a study aimed at optimizing the costs of prestressed steel trusses using cables positioned below the lower flange and molded with desviators. The optimization variables defined were the sections of the elements and layout of the truss, cable profile, dimension of the desviators. The optimization algorithm used was Jaya. Through the results it was observed that the pretension provided a savings in the costs of the steel truss project.

Vahidi et al. (2019) uses genetic algorithm (GA), particle swarm (PSO) and artificial bee colony (ABC) algorithms to investigate the damage detection problems. A hybrid multistage optimization method is presented merging advantages of PSO and ABC methods in finding damage location and extent. The efficiency of the methods has been examined using two simulated numerical examples, a laboratory dynamic test and a high-rise building field ambient vibration test result. The implemented evolutionary updating methods show successful results in accuracy and speed considering the incomplete and noisy experimental measured data.

Guimaraes et al. (2022) present a study of composite column filled with concrete where GA was used to find the best solution. Authors analyses the CO_{KN} emission of the columns and concluded that the best solution was to circular profile.

Netto et al. (2023), performed the analysis and comparison of the optimized design of prestressed steel beam using doubly symmetric and monosymmetric profiles. The solutions with monosymmetric profile were better than with doubly symmetric profiles.

Fiorotti et al. (2023) presents a study of prestressed steel beams where the optimization problem solution was obtained by GA.

Although several works are found in the literature with the application of the genetic algorithm and several works involving the effect of prestressing in concrete and steel structures, no work has yet been found on the optimization of hollow core slabs using metaheuristic algorithms. The objective of this paper is to present a formulation for optimizing the design of prestressed concrete hollow core slabs. The number of prestressing cables, the height of the concrete layer and the final geometry of the slab were considered as design variables. A computer program was developed with MATLAB© and the solution was obtained using the native genetic algorithm toolbox to solve the optimization problem.

OPTIMIZATION PROBLEM FORMULATION

For the problem at hand, the optimized design of hollow core slabs uses discrete variables, extracted from a product catalogue of this type of structural element provided by the company Cassol Pré-Fabricados, along with a catalogue containing prestressing tendon dimensions, provided by Belgo Bekaert Arames. The objective function must converge to a minimum value to reduce the cost of the materials used for producing the slabs, that is, volume of concrete and weight of prestressing tendons, while also minimizing the thickness of the upper portion of the slab cross-section, resulting in dimensions that meet the restrictions imposed by a pertinent design standard.

Objective Function

The objective function must minimize the costs of steel and concrete attributed to producing the hollow core slab. Equation (1) represents the formulation for obtaining the final cost, considering the concrete and the prestressing tendon.

$$f(x) = (Ct_c A_{simple\ section} + Ct_p n_{tendon} \mu_p) l_{span} \quad (1)$$

Where: Ct_c is the price per m³ of concrete; $A_{simple\ section}$ is the area of concrete of the hollow core slab cross-section; Ct_p is the price of the tendon per kg; n_{tendon} is the number of tendons; μ_p is the linear mass of one tendon, in kg/m; l_{span} is the length of the slab, in m. The cost per unit of concrete and prestressing tendon are presented in Table 1.

Table 1 – Cost of materials.

7 strand tendon - CP190 RB		Concrete	
Nominal diameter (mm)	Cost (R\$/kg)	f _{ck} (MPa)	Cost (R\$/m ³)
9.5	9.31	20	290.00
12.7	8.84	25	307.42
15.2	8.84	30	317.77

15.7	9.46	35	329.15
7 strand tendon - CP210 RB		40	341.57
12.7	9.98	45	384.01
15.2	9.98	50	455.43
Source	Local supplier		Sinapi (2022)

Constraint Functions

The constraints of the optimization problem are based on the design criteria from the standards NBR 6118:2023, NBR 14861:2011 and NBR 9062:2017. These constraints were imposed to ensure that the design of the hollow core slab meet the limits imposed by Ultimate (ULS) and Serviceability (SLS) limit states. The constraints are presented in Eq. (2) to Eq. (21):

$$C(1): 4 \times 0,272 \times KMD - 0,68^2 \leq 0 \quad (2)$$

$$C(2): h_{effective} - h_{layer} / KX \leq 0 \quad (3)$$

$$C(3): 2 - n_{tendon} \leq 0 \quad (4)$$

$$C(4): n_{tendon} - (n_{alv} + 1) \leq 0 \quad (5)$$

$$C(5): \frac{f_{ctm,j}}{1,2} - \sigma_{s,ELU} \leq 0 \quad (6)$$

$$C(6): \sigma_{i,ELU} - 0,85 \times \frac{f_{cj}}{1,3} \leq 0 \quad (7)$$

$$C(7): \sigma_{s,ELS-D} \geq 0 \quad (8)$$

$$C(8): \sigma_{s,ELS-D} - 0,85 \times \frac{f_{ck}}{1,4} \leq 0 \quad (9)$$

$$C(9): \sigma_{s,ELS-F} - 0,7 \times f_{ctm} > 0 \quad (10)$$

$$C(10): \sigma_{s,ELS-F} - 0,85 \times \frac{f_{ck}}{1,4} \leq 0 \quad (11)$$

$$C(11): \sigma_{i,ELS-D} \geq 0 \quad (12)$$

$$C(12): \sigma_{i,ELS-D} - 0,85 \times \frac{f_{ck}}{1,4} \leq 0 \quad (13)$$

$$C(13): \sigma_{i,ELS-F} - 0,7 \times f_{ctm} > 0 \quad (14)$$

$$C(14): \sigma_{i,ELS-F} - 0,85 \times \frac{f_{ck}}{1,4} \leq 0 \quad (15)$$

$$C(15): a_{total,0} - \frac{l_{span}}{350} \leq 0 \quad (16)$$

$$C(16): a_{total,\infty} - \frac{l_{span}}{250} \leq 0 \quad (17)$$

$$C(17): V_{Sd,simple} - V_{Rd1,simple} \leq 0 \quad (18)$$

$$C(18): V_{Sd,simple} - V_{Rd2,simple} \leq 0 \quad (19)$$

$$C(19): V_{Sd,composite} - V_{Rd1,composite} \leq 0 \quad (20)$$

$$C(20): V_{Sd,composite} - V_{Rd2,composite} \leq 0 \quad (20)$$

$$(21)$$

Where: KMD is adimensional factor, KX is neutral line position, $h_{effective}$ is the effective depth of the cross-section, h_{layer} is the height of the concrete layer; n_{tenodn} is the number of tendons; n_{alv} is the number of alveoli of the slab; in %; $\sigma_{s,ELU}$ is the stress on the upper surface of the slab, for ULS and prestressing age $t=0$; $\sigma_{i,ELU}$ is the stress on the bottom surface of the slab for ULS and $t=0$; f_{ctm} is the average tensile strength of concrete; f_{cj} is the compressive strength of concrete at the age of prestressing; σ_{ELS-D} is the stress on superior and inferior surfaces of the slab for SLS-Decompression; σ_{ELS-F} is the stress on superior and inferior surfaces of the slab, for SLS-Crack opening; $a_{total,0}$ is the deflection, considering prestressing force and the weight of the slab; $a_{total,\infty}$ is the total deflection, considering long-term loading; l_{span} is the length of the slab, in m; $V_{Sd,simple}$ is the design shear force acting on the critical cross-section, considering the gross section of the hollow core slab; $V_{Sd,composite}$ is the design shear force acting on the critical cross-section of the slab, considering the concrete layer on the slab; V_{Rd1} is the design resistance to shear force of the slab and V_{Rd2} is the design resistance to shear force of the compressed diagonals of concrete.

Constraint C(1) relates KMD and KX , and obtain the real value of KX . C(2) verifies that the neutral axis crosses the upper layer of concrete; Constraint C(3) determines the minimum number of tendons on the cross-section. According to NBR 14861:2011, the maximum allowable distance between tendons is 400 millimeters or twice the height of the hollow core slab, thus, a minimum of two tendons is required for slabs with a width of 125cm; C(4) establishes the maximum number of tendons for each section of the hollow core slab, with one tendon for each value of web thickness; C(5) and C(6) determine the allowable limits of tension and compression for ULS design at the time of prestressing, on the top and bottom surfaces of the slab, respectively; C(7) and C(8) define the allowable stress on the upper surface of the slab according to SLS-Decompression criteria. Similarly, C(9) and C(10) define the limits for SLS-Crack opening; C(11) and C(12) establish stress limits at the bottom surface of the slab for SLS-Decompression. Analogously, C(13) and C(14) apply constraints related to SLS-Crack opening.

C(15) and C(16), verify deformation limits, considering the combined incidence of prestressing force and structural weight, and long-term loading, respectively; C(17) and C(18), verify the applied shear force and the resistance to shear force of the gross cross-section, necessary to ensure the adequate resistance of the structure during production and assembly. Similarly, C(19) and C(20), verify the applied shear force and the resistance to shear force for the composite section, that is, with strength contributions from the concrete layer during service.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Results obtained with the program Alveolaje 2.0, developed for this research, were compared with analyses presented in other research papers. A graphical analysis is also presented subsequently.

3.1. Validation Example

To validate the program Alveolaje 2.0, it is necessary to verify results of the structural analysis. To demonstrate the application and advantages of the computational tool developed, results were compared with the program developed by Ferro and Alves (2019). The validation example is also studied by Camillo (2012). However, this paper does not consider the type of aggregate used for mixing the

concrete. As prescribed by the latest update of NBR 6118:2023, it is necessary to choose an aggregate type. The input data used for this example is given in Table 2.

Table 2 – Input data for the validation example.

INPUT DATA	
Class of environmental aggressiveness	CAA II
Cement type	CP V
Slump	0
f_{ck} slab	50 MPa
f_{cj}	28 MPa
Prestressing age	20 h
f_{ck} layer	25 MPa
Aggregate type	BASALT
Free span of the slab	9 m
Serviceability live-load	4.25 kN/m ²
Load due to flooring	0.25 kN/m ²
Slab height	20 cm
Layer thickness	5 cm

For the given initial parameters used on the design of the hollow core slab, the optimum values of slab height and layer thickness are identical to those presented by Camillo (2012), the former equal to 20 cm, and the latter, 5 cm. Figure 1 presents the cross-section of the slab adopted for the present research. The shape of the cross-section was provided by a local manufacturer.

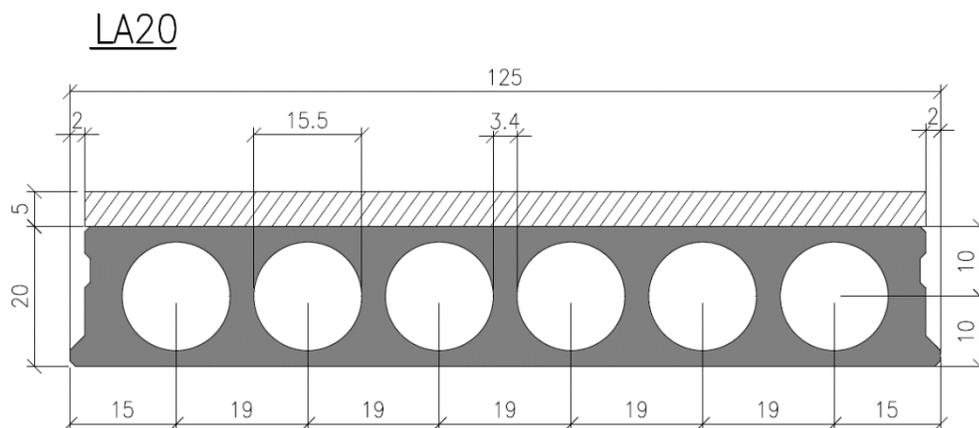


Fig. 1 - Cross-section of the hollow core slab $h=20$ cm and concrete topping $h=5$ cm (dimensions in cm).

Table 3 shows the results obtained for the simple section, considering only the concrete slab, and for the composite section, which includes the slab and a 5cm concrete layer. The table presents values for cross-sectional area, distance between the center of gravity and the upper surface, (Y_s), Moment of inertia, superior and inferior elastic section moduli W_s and W_i , respectively, and tendon eccentricity (e). For comparison, results obtained by Ferro and Alves (2019) are also presented.

As expected, the geometric properties have different values. Ferro and Alves (2019) present results

for a rectangular cross-section and centralized openings, the program developed for this research, on the other hand, considers a cross-section featuring shear keyways. As such, the cross-sectional area of the optimized design is smaller in comparison with results presented by Ferro and Alves (2019).

Table 3 presents the initial losses of prestressing force. Values obtained for stresses due to anchorage slip, tendon relaxation and elastic shortening of concrete are given, along with other relevant design variables and the total cost of the slab. All of these values are compared with results obtained by Ferro and Alves (2019).

The optimized cross-section and results obtained for each relevant design parameter are presented by the software GUI shown in Figure 2.

Table 3 – Geometric properties of the simple and composite cross-sections.

	Simple Section - LA20		Composite Section - LA20 and $h_{layer}=5$	
	Authors (2020)	Ferro and Alves (2019)	Authors (2020)	Ferro and Alves (2019)
Area (cm²)	1289.77	1439.71	1914.77	2064.71
Ys (cm)	10.11	10.00	10.99	11.22
Inertia (cm⁴)	64257.71	68423.04	132506.03	147850.12
Ws (cm³)	6355.67	6842.3	12052.39	13181.86
Wi (cm³)	6497.44	6842.3	9460.77	10726.35
e (cm)	7.39	7.5	11.51	11.28

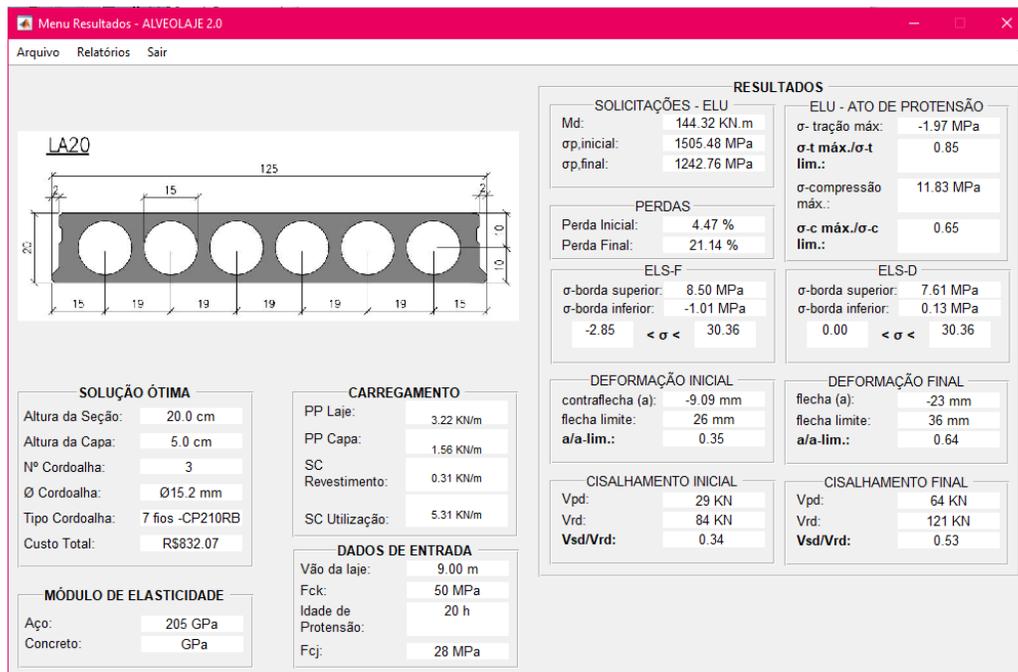


Fig. 2 – Software Validation results.

Values of anchorage slip stress are identical in both studies since they depend on the length of the prestressing track, taken here as 150 meters. The immediate strain on concrete presents a value lower than that presented by Ferro and Alves (2019), because of the different elasticity moduli values used for concrete. The initial loss in prestressing force obtained with the optimization procedure is 19.7% smaller than the values obtained by Ferro and Alves (2019).

Stresses attributed to concrete creep depend directly on the geometric properties of the cross-section. As such, the values obtained were expected. The total loss of prestressing force is 13.4% lower if compared with Ferro and Alves (2019). Table 4 presents results for ULS design at $t=t_{\infty}$. The optimization procedure presented herein yielded a steel reinforcement area 8.7% smaller than the one indicated by Ferro and Alves (2019).

Maximum values observed for tensile and compressive stresses are within standardized limits for ULS design when $t=t_0$. The length of force transference obtained with the optimization procedure is of 24.04 cm, along which the maximum stresses on the section occur.

Stresses obtained for SLS criteria are also within the limits prescribed by the standard, that is, $0 \text{ MPa} < \sigma_{ELS-D} < 30.4 \text{ MPa}$, for SLS-Decompression, and $-2.9 \text{ MPa} < \sigma_{ELS-F} < 30.4 \text{ MPa}$, for SLS- Crack opening.

The optimized deflection shows larger values as a result of a smaller moment of inertia of the cross-section, nonetheless, values remain within standardized limits. It is observed that the shear force acting on the element is 7% smaller for the simple section and 3.3% smaller for the composite section. This reduction in internal force is a direct result of lower dead loads attributed to the weight of the structure. For this example, the optimized design presents a final cost of R\$ 832.07, featuring the same slab height as the original design, with 3 CP210RB tendons with a diameter of 15.2 mm. On the other hand, Ferro and Alves (2019) present a final cost of R\$922.68 and 9 CP190RB tendons with a diameter of 9.5 mm. As such, results show that the software developed for the present research meets all requirements pertaining to the structural analysis. Furthermore, the reductions observed for prestressing steel area and the number of tendons generated an economy of 9.82% in the cost of materials.

Table 4 – Results from the validation example

	Authors	Ferro and Alves (2019)
Anchorage slip (MPa)	8,2	8.2
Prestressing steel relaxation (MPa)	16.78	15.17
Immediate strain on concrete (MPa)	45.52	58.87
Initial loss	0.0447	0.0577
Concrete creep (MPa)	30.09	46.17
Concrete shrinkage (MPa)	-115.26	-114.82
Prestressing steel relaxation (MPa)	117.37	104.75
Final prestressing loss	0.2114	0.244
Design stress (MPa)	1666.4	1506
Area of steel (cm ²)	4.192	4.591
Final prestressing loss	0.2114	0.244
$\sigma_{s,ELS-D}$ (MPa)	7.6	7.3

$\sigma_{i,ELS-D}$ (MPa)	0.1	0
$\sigma_{s,ELS-F}$ (MPa)	8.5	8.1
$\sigma_{i,ELS-F}$ (MPa)	-1.0	-1.2
Initial deflection (mm)	9.09	8.98
Maximum induced camber (mm)	25.71	25.71
Total deflection (mm)	23.22	18.82
Maximum deflection (mm)	36	36
Simple Section		
V_{Rd1} (kN)	83.63	89.37
V_{Rd2} (kN)	282.24	308.7
V_{Sd} (kN)	28.71	30.9
Composite Section		
V_{Rd1} (kN)	120.55	128.84
V_{Rd2} (kN)	578.57	632.81
V_{Sd} (kN)	64,14	66,34
h_{slab} (cm)	20	20
h_{layer} (cm)	5	5
	Authors	Ferro and Alves (2019)
n_{tendon}	3	9
d_{tendon} (mm)	15,2	9,5
Steel _{tendon}	CP210RB	CP190RB
Final Cost R\$	832,07	922,68

3.2. Parametric Analysis

To evaluate the behavior of different optimized designs of prestressed hollow core slabs as a function of span, the cost per slab unit was analyzed, considering the input data given in Table 5, with variations of span length. The data used for this analysis are identical to those implemented on the validation example.

Table 5 – Input data for the graphical analysis of results.

INPUT DATA	
Class of environmental aggressiveness	CAA II
Cement type	CP V
<i>Slump</i>	0
f_{ck} slab	50 MPa
f_{cj}	28 MPa
Prestressing age	20 h
f_{ck} layer	25 MPa
Aggregate type	BASALT
Free span of the slab	varies

Serviceability live-load	4,25 KN/m ²
Load due to flooring	0,25 KN/m ²

Table 6 shows detailed results for multiple slab lengths under analysis, obtained for each iteration of the program using the input data from Table 5.

Table 6 – Optimized results for spans between 5 and 9 meters.

Span (m)	Section height (cm)	Layer thickness (cm)	Ø Tendon (mm)	Type	Nº of Tendons	Total Cost
5.00	15	8	12.7	CP 190 RB	2	R\$308.64
5.50	15	5	12.7	CP 210 RB	2	R\$349.44
6.00	15	5	15.2	CP 190 RB	2	R\$405.80
6.50	15	5	15.2	CP 210 RB	2	R\$456.31
7.00	15	6	12.7	CP 190 RB	4	R\$530.12
7.50	15	5	15.2	CP 190 RB	3	R\$581.91
8.00	20	6	12.7	CP 190 RB	4	R\$693.96
8.50	20	5	15.2	CP 190 RB	3	R\$753.11
9.00	20	5	15.2	CP 210 RB	3	R\$832.07
9.50	20	6	12,7	CP 210 RB	5	R\$933,48

Figure 3 presents the graph for the evolution of final cost as a function of free span for manufacturing one unit of hollow core slab. The graph shows a linear behavior of the results obtained, indicating coherence. It is worth noting that, for the present analysis, costs attributed to the layer of concrete are not included, since this is a different design variable. For hollow core slabs featuring a width of 1250 mm, the final cost of each slab for spans between 5 and 9 meters range from R\$300 to R\$850.

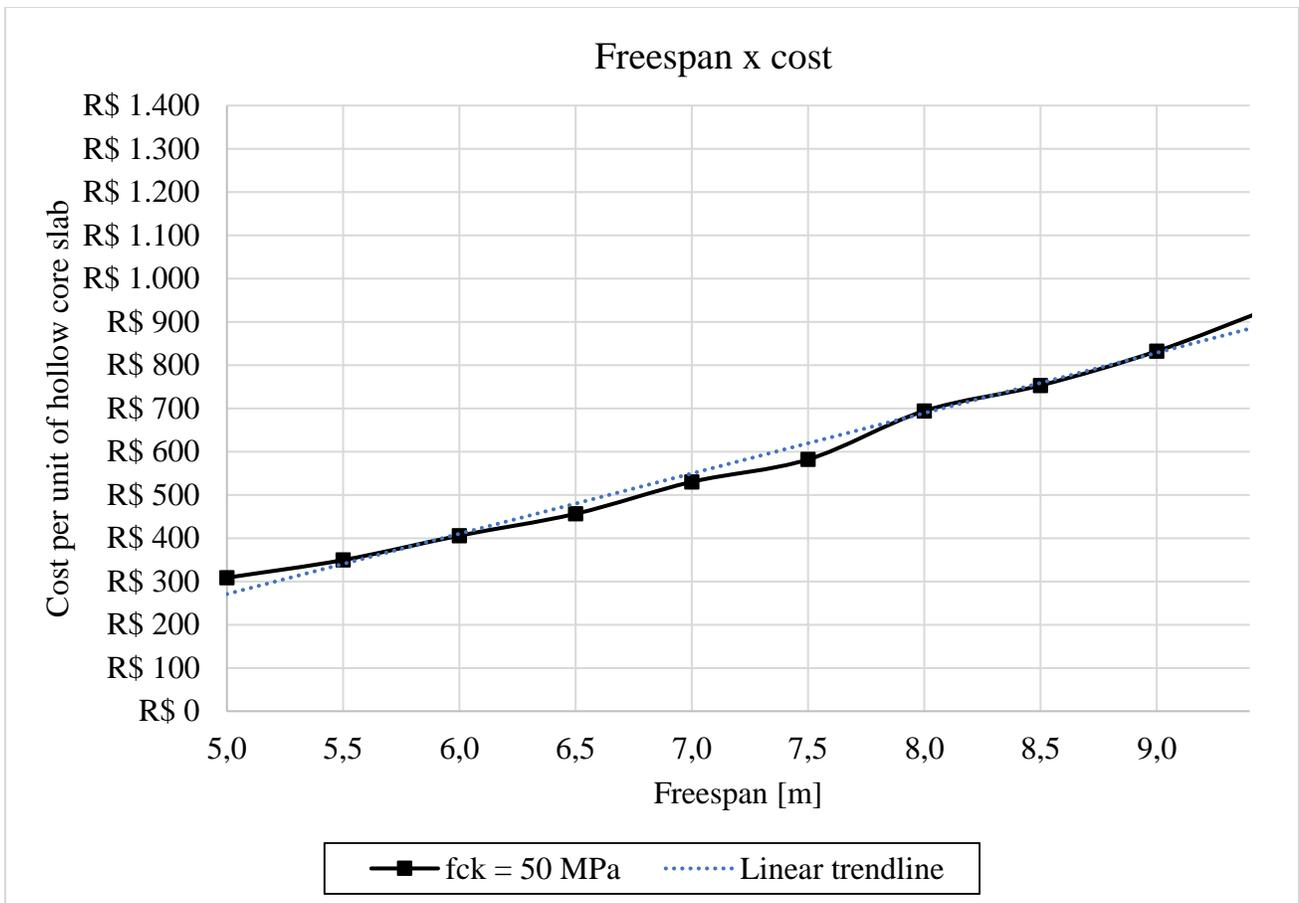
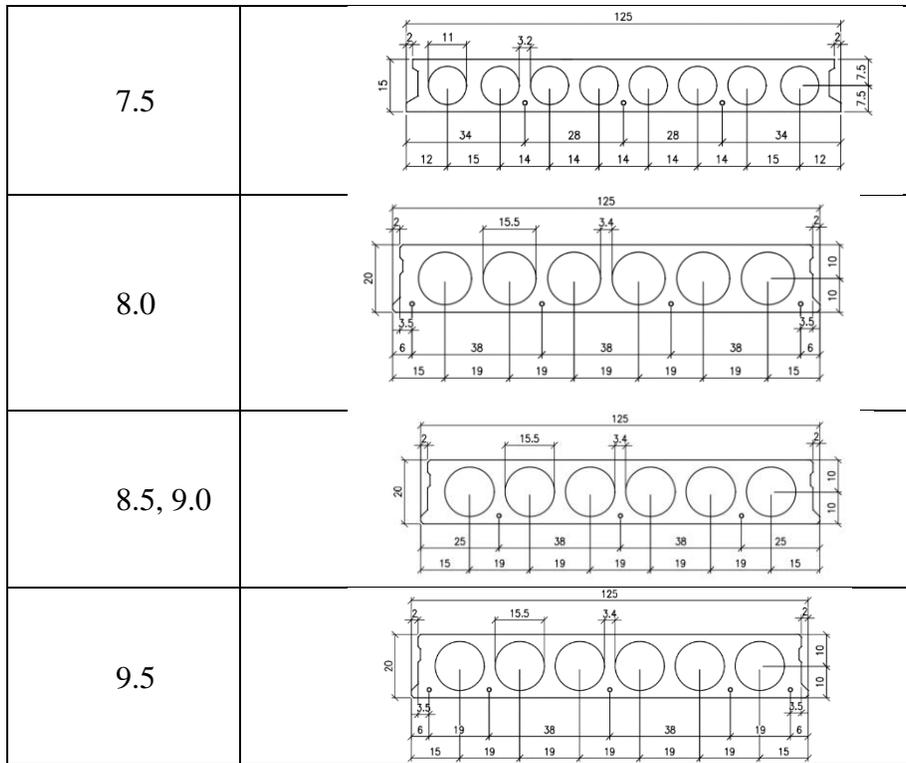


Fig. 3 - Evolution of Freespan x cost for one unit of hollow core slab.

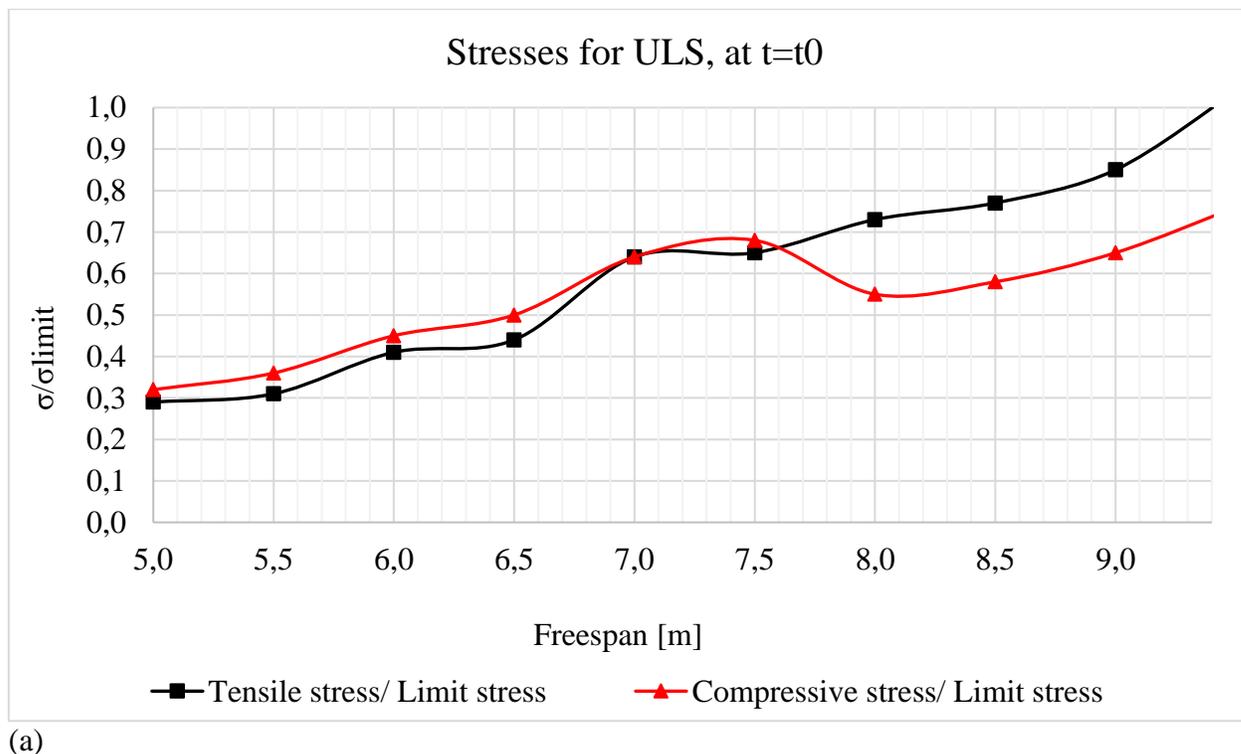
The results presented in Table 6 show that, in order for the designs to meet ULS and SLS criteria, while also reducing the cost per unit of the hollow core slab, the number of tendons must be reduced, and present a diameter of 12.7 mm and 15.2 mm. The number of tendons varies between 2 and 5, with cross-section heights of 15 cm and 20 cm. The final solution is illustrated in the Table 7.

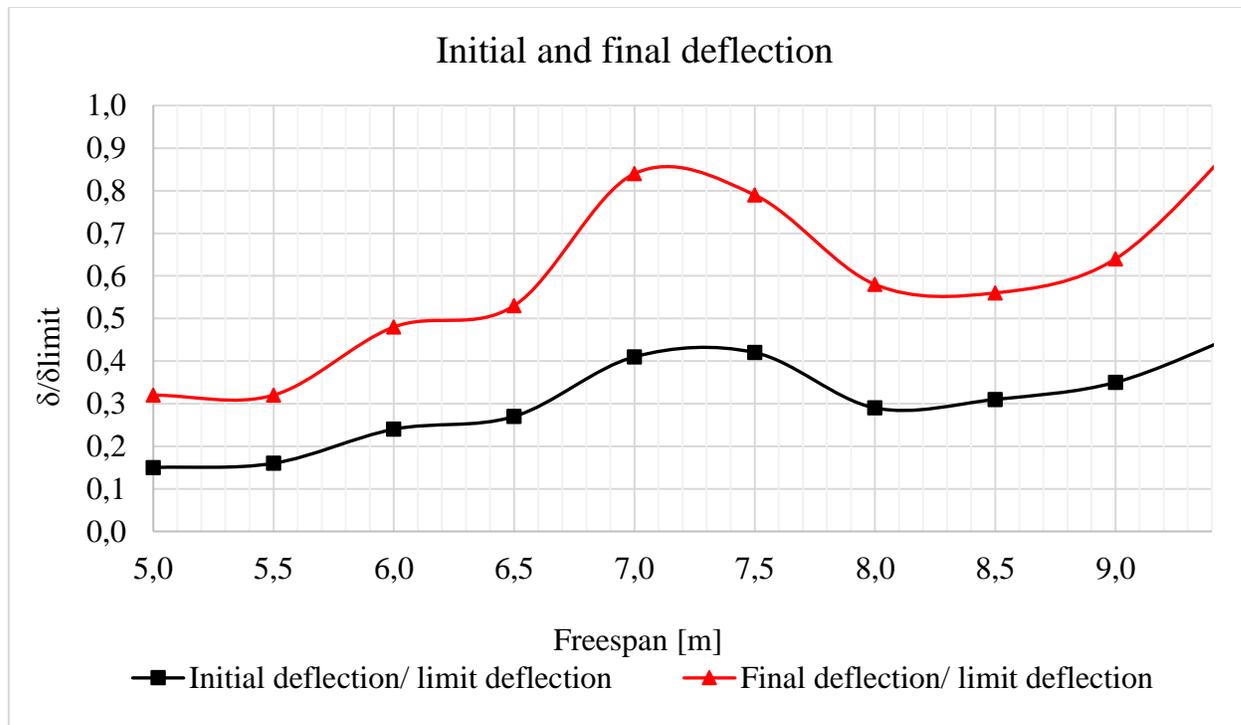
Table 7 – Final Solution Details.

Span(m)	Geometric Details
5.0, 5.5, 6.0, 6.5	
7.0	



In addition to analyzing the financial cost, the evolution of stresses on the concrete at the time of prestressing is also analyzed, along with initial and final deflection analyses in Figure 4.





(b)

Fig. 4 - (a)Graph of stresses for ULS at the time of tendon prestressing; (b) – Maximum deflection.

Figure 4 (a) presents the evolution of tensile and compressive stresses on concrete during prestressing, for a span interval between 5 and 9 meters. The graph shows a linear behavior of the curve for spans ranging from 5 to 7.5 m, however, larger spans indicate a decrease in compressive stress values and an increase of tensile stress on the structure, reaching the maximum values established by NBR 6118:2023 and NBR 14681:2011, for a span of 9.4 meters. From this point on, excessive tension is observed at the time of prestressing, resulting in crack openings, consequently rendering the structural element obsolete. This problem may be solved by introducing additional rebar on the upper flange of the hollow core slab, but there may be constructive limitations if this solution is adopted.

The evolution of initial and final deflections as a function of span length was also performed (Figure 4(b)). The graph from Figure 4, shows that spans between 5 and 7 meters exhibit a tendency to approach standardized limits, resulting in better utilization of allowable values. However, spans ranging from 7 to 9 meters, present small structural deflection.

A combined assessment of the graphs for ULS stresses and deflections, Figure 4(a) and Figure 4(b), respectively, show that deflections of the structure govern the design for spans between 5 and 7 meters. Alternatively, spans between 7 and 9 meters present tensions in the prestressing cables close to the permissible limits, resulting in compression forces on the upper surface of the concrete close to the permissible limit of the design concrete strength.

For slabs with lengths superior to 9 meters, the design is only possible if additional rebar is introduced at the upper surface of the hollow core slab. The design must be performed in a manner analogous to the procedure proposed in this research and consider standardized criteria.

CONCLUSIONS

The results obtained from the design optimization of hollow core slabs were satisfactory, presenting low costs attributed to building materials. For the example analyzed, a cost reduction of 9.82% was observed, which represents a significant saving when evaluating the final production cost of the hollow core slab. As such, the developed program shows relevant applicability.

The parametric analysis provided coherent results for the optimization problem implemented, since smaller slab lengths feature a minimal number of prestressing tendons and, as the length increased, the number of tendons used for prestressing also increased, consequently leading to higher financial costs for producing the slabs. The assessment of cost as a function of span length for the hollow core slabs showed an approximately linear relationship between these variables. The analyses of shorter spans indicated the SLS as the preponderant design criteria, since deflection values were close to the limits established by design standards. For longer spans, it is noted that stresses were the governing restriction, given the increase in the number of prestressing tendons and consequently, the increase of tensile stresses on the upper surface of the slab.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the Brazilian Federal Government Agency CAPES and FAPES for the financial support provided during the development of this research. The third author thanks the Espírito Santo Research Foundation (FAPES) for the productivity research grant.

REFERENCES

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14861: Laje Pré Fabricada – Painel Alveolar de concrete protendido - Requisitos and procedimentos. Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: Projeto e execução de estruturas pré fabricadas. Rio de Janeiro, 2017.
- AKBARI J, AYUBIRAD, M.S. (2017). Seismic Optimum Design of Steel Structures Using Gradient-Based and Genetic Algorithm Methods International Journal of Civil Engineering, vol. 15, 135-148.
- AYDIN, Z.(2022) Size layout and tendon profile optimization of prestressed steel trusses using Jaya algorithm. Structures. p. 284-294.
- CAMILO C.A (2012), Panel Continuity of Hollow core slabs in Building. Master's Thesis in Civil Engineering – Federal University of São Carlos, São Carlos,. (In Portuguese)
- CAMP C.V, HUQ F. CO₂ and cost optimization of reinforced concrete frames using a big bang-big crunch algorithm. Engineering Structures, v. 48, p. 363-372, 2013.
- CHO, H., MIN, D., LEE, K. Optimum Life-Cycle Design of Orthotropic Steel Deck Bridges. Steel Structures, 2001.
- ERDAL, F., DOGAN, SAKA, M. P. Optimum design of cellular beams using harmony search and particle swarm optimizers. Journal of Constructional Steel Research, v. 67, n. 2, p. 237-247, 2011.

FERRO K.B, ALVES, E.C. Developed interactive system to design of hollow core slabs. Procedures of 61° Brazilian Congress of Concrete. ISSN 2175-882, 2019. (In Portuguese)

FIOROTTI, K.M; CALENZANI, A.F.G., ALVES, E.C. Optimization of steel beams with external pretension, considering the environmental and financial impact. ASIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING. 2023.

GUIMARAES, S. A. ; KLEIN, D. ; CALENZANI, A. F. G. ; ALVES, E. C. . Optimum design of steel columns filled with concrete via genetic algorithm: environmental impact and cost analysis. REM - INTERNATIONAL ENGINEERING JOURNAL, v. 75, p. 117-128, 2022.

KAVEH A., ARDALANI S.H, (2016). Cost and CO2 Emission Optimization of Reinforced Concrete Frames Using ECBO Algorithm. ASIAN JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING, 17(6), 831-858

KAVEH A., IZADIFARD R.A., MOTTAGHI L., (2020). Optimal Design of Planar RC Frames Considering CO2 Emissions Using ECBO, EVPS and PSO Metaheuristic Algorithms, JOURNAL OF BUILDING ENGINEERING, 28, 101014

KAVEH A, MOTTAGHI L, IZADIFARD RA,(2022). Optimization of columns and bent caps of RC bridges for cost and CO2 emission, Periodica Polytechnica Civil Engineering 66 (2), 553-563

KOCIECKI M., ADELI H. Shape optimization of free-form steel space-frame roof structures with complex geometries using evolutionary computing. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 38, p. 168–182, 2015.

KRIPAKARAN P, HAL B, GRUPTA A. A genetic algorithm for design of moment-resisting steel frames. Structural and Multidisciplinary Optimization, 2011.

KRIPKA M, MEDEIROS G.F, LEMONGE A.C. Use of optimization for automatic grouping of beam cross-section dimensions in reinforced concrete building structures. Engineering Structures, v. 99, p. 311-318, 2015.

KUAN-CHEN-FU F.A, ZHAI Y, ZHOU S. Optimum Design of Welded Steel Plate Girder Bridges Using a Genetic Algorithm with Elitism. Journal of Bridge Engineering, 10 Edition, p. 291-301, 2005. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0702\(2005\)10:3\(291\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0702(2005)10:3(291))

LIPPIAT B. BEES. 4.0: Building for Environmental and Economic Sustainability Technical Manual and User Guide - NIST, 2007.

LEUÉVANOS-ROJAS A, LÓPES-CHAVARRÍA S. MEDINA-ELIZONDO M, KALASHINIKO, VV. Optimal design of reinforced concrete beams for rectangular sections with straight haunches, Revista de La Construcción, vol.19 no.1 pp. 90-102, 2020.

LOW, H. F., KONG, S.H., KONG, D., PAUL, S.C. Interface slip of post-tensioned concrete beams with stage construction: Experimental and FE study. Computers and Concrete, Vol. 24, No. 2 (2019) 173-183

MAGHSOUDI M., MAGHSOUDI A.A. (2019). Finite Element and Experimental Investigation on the Flexural Response of Pre-tensioned T-Girders. International Journal of Civil Engineering, vol. 17, 541-553.

MALVIEIRO J, RIBEIRO D , SOUSA C, CALÇADA, R. (2018), Model updating of a dynamic model of a composite steel-concrete railway viaduct based on experimental tests. Engineering Structures, v. 164, p. 40–52, 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.02.057>.>

MOTLAGH H.R.E, RAHAI A. (2022) Prediction of Long-Term Prestress Loss in Prestressed Concrete

Beam with Corrugated Steel Web. *International Journal of Civil Engineering*, vol. 20, 1309-1325.

NETTO, P.M.; CALENZANI, A.F.G.; ALVES, E.C. (2023), “Optimum design of prestressed steel beams via genetic algorithm.” *REM – International Engineering Journal*. Ouro Preto. v.76.

PARK H.S, KWON B, SHIN Y, KIM Y, HONG T. CHOI SW. (2013), “Cost and CO2 emission optimization of steel reinforced concrete columns in high-rise buildings”, *Energies*, 6(11), 5609–5624. <<https://doi.org/10.3390/en6115609>>.

PAYA-ZAFORTEZA I, YEPES V, HOSPITALER A, GONZÁLEZ-VIDOSA, F. (2009), “CO2-optimization of reinforced concrete frames by simulated annealing”, *Engineering Structures*, 31(7), 1501–1508. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2009.02.034>

PRENDES-GERO, M.B, BELLO-GARCÍA A, COZ-DÍAZ JJ, DOMÍNGUES F.J.S, NIETO P.J.G. Optimization of steel structures with one genetic algorithm according to three international building codes. *Revista de La Construcción*, April, 2018.

SANTORO J.F, KRIPKA M. Minimizing environmental impact from optimized sizing of reinforced concrete elements. *Computers and Concrete*, v. 25, n. 2, p. 111-118, 2020.

SENOUCI A.B, AL-ANSARI M.S. Cost optimization of composite beams using genetic algorithms. *Advances in Engineering Software*, v. 40, n. 11, p. 1112-1118, 2009.

SINAPI (2020). Sistema Nacional de Preços and Índices para a Construção Civil - Caixa Econômica Federal, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

TORMEN A.F, PRAVIA Z.M.C; RAMIRES F.B, KRIPKA M.(2020), “Optimization of steel concrete composite beams considering cost and environmental impact”. *Steel and Composite Structures*, 34(3), 409-421. <<https://doi.org/10.12989/scs.2020.34.3.409>>.

VAHIDI M, VAHDAN S, RAHIMIAN M, JAMSHIDI N, KANEE A.T. (2019), “Evolutionary-base finite element model updating and damage detection using modal testing results”. *Structural Engineering and Mechanics*. v. 70, n. 3, p. 339-350. <https://doi.org/10.12989/sem.2019.70.3.339>

CHENG, X., HONG, J., MAN, L., LI, G. Flexural performance test of a prestressed concrete beam with plastic bellows. *Structural Engineering and Mechanics*, vol. 79, No. 2 (2021) 223-235

YEPES V., MARTÍ J.V, GARCÍA-SEGURA T. (2015) Cost and CO2 emission optimization of precast–prestressed concrete U-beam road bridges by a hybrid glowworm swarm algorithm. *Automation in Construction*, v. 49, p. 123-134, 2015.

YILDIRIM H.A, AKCAY C. Time-cost optimization model proposal for construction projects with genetic algorithm and fuzzy logic approach, *Revista de La Construcción*, vol.18 no.3 pp. 554-567, 2019.

DOSAGENS DE NITROGÊNIO E PRODUÇÃO DE MENTA (*MENTHA PIPERITA* L.)

Lucas Oliveira dos Santos¹
Rommel Bernardes da Costa²
Marivone Moreira dos Santos²
Beatriz Lourenço Rodrigues da Costa³
João Carlos Mohn Nogueira⁴

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi verificar a produção de matéria seca e óleo essencial de hortelã (*Mentha piperita* L.), sendo cultivada com diferentes dosagens de nitrogênio. O ensaio foi conduzido empregando um delineamento experimental em blocos casualizados com quatro blocos e oito tratamentos, sendo: T1 (0 kg.ha⁻¹ de N); T2: (20 kg.ha⁻¹ de N); T3: (40 kg.ha⁻¹ de N); T4: (60 kg.ha⁻¹ de N); T5: (80 kg.ha⁻¹ de N); T6: (100 kg.ha⁻¹ de N); T7: (120 kg.ha⁻¹ de N) e T8: (140 kg.ha⁻¹ de N) e 32 repetições. Após completar 90 dias de cultivo as hortelãs foram colhidas e foi aferido o peso da matéria seca e a produção de óleo essencial. Ao final do experimento concluiu-se que o tratamento 8 com a maior dose de nitrogênio influenciou de modo positivo na produção de matéria seca e óleo essencial.

Palavras-Chave: arraste a vapor, nutrição mineral, plantas medicinais.

NITROGEN DOSAGES AND PRODUCTION OF MINT (*MENTHA PIPERITA* L.)

ABSTRACT

The objective of the present work was to verify the production of dry matter and essential oil of mint (*Mentha piperita* L.), being cultivated with different nitrogen dosages. The trial was conducted using a randomized block experimental design with four blocks and eight treatments, as follows: T1 (0 kg.ha⁻¹ of N); T2: (20 kg.ha⁻¹ of N); T3: (40 kg.ha⁻¹ of N); T4: (60 kg.ha⁻¹ of N); T5: (80 kg.ha⁻¹ of N); T6: (100 kg.ha⁻¹ of N); T7: (120 kg.ha⁻¹ of N) and T8: (140 kg.ha⁻¹ of N) and 32 repetitions. After completing 90 days of cultivation, the mints were harvested and the weight of dry matter and essential oil production were measured. At the end of the experiment it was concluded that treatment 8 with the highest dose of nitrogen had a positive influence on the production of dry matter and essential oil.

Keywords: steam drag, mineral nutrition, medicinal plants.

Recebido em 22 de outubro de 2023. Aprovado em 10 de dezembro de 2023

¹ Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO, Brasil. E-mail: lucasolivier20@gmail.com.

² Docente do curso superior de Agronomia, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO, Brasil.

³ Engenheira Agrônoma, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia-GO, Brasil.

⁴ Docente do curso de Agronomia, Universidade Estadual de Goiás (UEG), Palmeiras de Goiás-GO, Brasil.

INTRODUÇÃO

Plantas medicinais como alternativa de medicamentos na cultura popular é bem difundida em todo mundo. Embora, são raros os estudos científicos realizados no Brasil. Os trabalhos são poucos e muito antigos. No mundo, com maior ênfase em regiões mais desenvolvidas, existe uma grande demanda por hábitos de vida mais saudáveis. Uma nova tendência de valorização de aspectos naturais e ecológicos ganha destaque na sociedade, em diversas áreas tanto no campo científico quanto da vida cotidiana. O uso de fitoterápicos no Brasil vem ganhando novos adeptos a cada ano, principalmente ao observar determinados malefícios causados por medicamentos sintéticos como efeitos colaterais diversos. Com uma maior demanda por fitoterápicos é uma questão de tempo para sua eficácia se tornar semelhante à de medicamentos sintéticos causando menos efeitos danosos em seus usuários (VEIGA JUNIOR, 2008).

São raras as pesquisas que avaliam o grau de utilização das plantas como medicamentos, suas propriedades químicas, toxicológicas, que atestem a sua eficácia de uma forma segura (SOUZA-MOREIRA; SALGADO; PIETRO, 2010). A hortelã é conhecida por suas atividades biológicas como a ação antisséptica, calmante suave, analgésica do sistema digestório, antitussígena, carminativa, expectorante e descongestionante das vias respiratórias, por meio dos óleos essenciais (FERNANDES, 2018).

No Brasil pode-se observar uma queda acentuada na produção de hortelã devido a problemas de fertilidade e manejo do cultivo em solo, tendo em vista que as condições nutricionais do solo são fundamentais para o equilíbrio entre acúmulo de biomassa e produção de óleo essencial, aspectos muito importantes para uma boa produtividade agrícola (PAULUS *et al.*, 2007.; VALMORBIDA; BOARO, 2007).

Os compostos encontrados na planta podem ser empregados na indústria de alimentos, cosmética e farmacêutica, apresentando características antioxidante, antitumoral, antimicrobiana, antialérgico e imunomoduladora, e ainda possui efeito no trato digestivo. Outras aplicações para a menta são no tratamento da icterícia, ansiedade e expectoração. Tais comportamentos são o bastante para fundamentar o desenvolvimento de tecnologias que aumentem a produtividade e a constituição do óleo essencial da menta, com a elevação da sua produção (MORAIS *et al.*, 2014).

As principais substâncias que compõem o óleo essencial de hortelã pimenta são pulegona α -pineno, sabineno, β -pineno, 3-octanol, 1,8 cineol, limoneno, piperitona, acetato de neomentila, acetato de mentila, t-cariofileno, farneseno, isomentona, neomentol, isomentol, mentofurano, mentol e mentona. A hortelã ainda pode ser consumida na forma de chá, para problemas de má digestão, náuseas e complicações intestinais (GONÇALVES, 2017).

Acredita-se que o mercado global de óleos essenciais foi de US\$ 18,6 bilhões em 2020 e estima-se um crescimento anual de 7,5% de 2020 a 2027, atingindo US\$ 33,3 bilhões em 2027 (PARREIRAS, 2023). O Brasil exportou em 2020 5724 toneladas de óleo essencial de *Mentha arvensis* e *Mentha viridis* (BIZZO; REZENDE, 2022).

As espécies do gênero *Mentha* já foram apontadas por inúmeros autores, como espécies bastante exigentes quanto a fertilização mineral em cultivos em solo (RAM; KUMAR, 1997; RODRIGUES *et al.*, 2004; VALMORBIDA; BOARO, 2007; SOUZA *et al.*, 2007; GARLET *et al.*, 2007).

A calagem e a adubação do solo são as práticas de nutrição mineral mais convencionalmente usadas. As condições nutricionais interferem na produção de substâncias pelo metabolismo especial ou secundário e a falta de determinados nutrientes ditos essenciais pode levar produção de determinadas moléculas ao invés de outras (FREIRE *et al.*, 1998).

Segundo May *et al.* (1998), a deficiência de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio causa uma queda substancial de produção de matéria verde da planta de hortelã e as condições

nutricionais da planta modificam as quantidades de limoneno, mentina, mentol e mentil acetato no óleo essencial.

Nesse mesmo estudo May *et. al.* (1998), observou que o Nitrogênio foi o elemento químico que mais afetou a queda de produção da parte aérea da hortelã, devido a uma série de causas fisiológicas, que colaboram para que a planta produza maior quantidade de substâncias como açúcares, aminoácidos e ácidos nucléicos, totalizando uma maior quantidade de biomassa. No entanto, o resultado da planta quando exposta à níveis diferenciados de nitrogênio não apresenta constante previsibilidade quanto à sintetização de metabólitos especiais.

De acordo com Cardoso *et. al.*, (2013), o fornecimento de doses crescentes de N afeta positivamente o crescimento e a produção de óleo essencial da pimenta de macaco, sendo os maiores incrementos obtidos na aplicação do amônio. O fator nutricional é um dos fatores externos que podem estar ligados a formação qualitativa e quantitativa de determinados metabólitos especiais.

Para grande parte das plantas medicinais e aromáticas, o uso da adubação nitrogenada aumenta o teor de óleo essencial em função do aumento da biomassa por área, área foliar e taxa fotossintética (RETZLAFF *et. al.* 2015).

Diante do exposto acima, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de nitrogênio na produção de massa seca e rendimento de óleos essenciais da cultura da hortelã.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano de 2019, no município de Trindade, no estado de Goiás. A área localiza-se na latitude: 16° 38' 52" Sul; longitude: 49° 29' 53" Oeste, com 758 m de altitude e clima tropical com estação seca a partir de junho até setembro e outra chuvosa (Classificação climática de Köppen-Geiger: Aw). O solo da região é classificado como latossolo vermelho e vermelho amarelo.

Como substrato para fixação das plantas foi utilizada terra vermelha, na qual foram realizadas as devidas correções de acidez e adubações conforme a análise de solo. As mudas foram obtidas a partir de viveiro comercial, localizado no município de Trindade.

As mudas foram plantadas em sacos para mudas com capacidade de três litros. Antes do plantio foi feita a aplicação de 804 kg.ha⁻¹ de calcário conforme a exigência solo. De acordo com a análise de solo a classe textural do solo utilizado é franca. A adubação de base aplicada fora nos valores de 182 kg.ha⁻¹ ureia, 666 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples e 103 kg.ha⁻¹ de cloreto de potássio, totalizando 951 kg.ha⁻¹ de adubos minerais, feito 30 dias após o plantio e conforme os valores contidos na análise de solo.

O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições. Cada repetição foi composta por 2 mudas por vaso e um vaso por parcela. Aos 90 dias após o plantio cortou-se as mudas rente ao solo e estas foram levadas para secar a sombra por duas semanas até atingirem peso constante. Em seguida foram mensurados: o peso seco de cada parcela e o teor de óleo essencial.

A irrigação das mudas foi feita duas vezes ao dia, uma vez no início do período da manhã e ao final da tarde. Os tratamentos das doses de nitrogênio aplicados a partir de 60 dias do plantio foram as seguintes dosagens: T1 (0 kg.ha⁻¹ de N); T2: (20 kg.ha⁻¹ de N); T3: (40 kg.ha⁻¹ de N); T4: (60 kg.ha⁻¹ de N); T5: (80 kg.ha⁻¹ de N); T6: (100 kg.ha⁻¹ de N); T7: (120 kg.ha⁻¹ de N) e T8: (140 kg.ha⁻¹ de N).

Para retirar o óleo essencial utilizou-se a metodologia de arraste a vapor de Koketsu e Gonçalves (1991). O equipamento usado foi um mini autoclave de aço inox de dois litros de capacidade. Como fonte de vapor foi usada água destilada na qual em cima desta, por meio de uma micro peneira de aço inox, foram depositadas as amostras trituradas. Por essas amostras

passava-se apenas o vapor de água que carrega as partículas de óleo essencial. Este vapor com o óleo foi esfriado em uma câmara de condensação e coletado na forma líquida o hidrolato. Após a destilação completa de cada tratamento o óleo essencial foi filtrado e separado do hidrolato.

As médias foram avaliadas pelo teste de Tukey a 5 % com o auxílio do *software* Agro-Estat.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com a produção média de matéria seca nos diferentes tratamentos estão contidos na Tabela 1. Os tratamentos 8 e 7 não diferiram significativamente entre si ($p>0,05$), porém, ambos apresentaram aumento na produção de matéria seca em relação aos outros tratamentos. Os tratamentos 7, 6 e 5 não apresentaram diferença significativa entre si, no entanto, em relação aos tratamentos 4, 3, 2 e 1, houve um aumento substancial de matéria seca. Pode-se observar que os tratamentos 6, 5, 4, 3 e 2 não demonstraram diferença significativa entre si, embora tenham evidenciado um aumento relevante de matéria seca comparado com o tratamento 1. Já os tratamentos 4, 3, 2 e 1 não comprovaram diferença significativa entre si.

TABELA 1. Médias de massa seca de menta em função das doses de nitrogênio, Trindade, GO.

Tratamentos	Média*
8	10,15 a
7	7,76 ab
6	6,75 bc
5	5,95 bc
4	5,47 cd
3	5,03 cd
2	4,93 cd
1	4,33 d

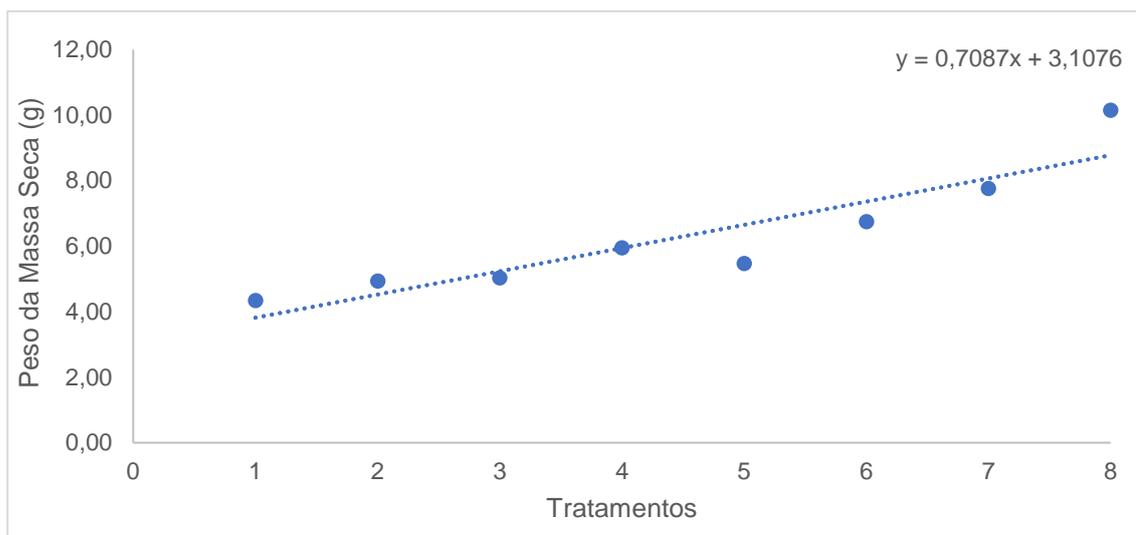
*Letras minúsculas diferentes na coluna demonstram diferença significativas entre os tratamentos no teste de Tukey ($p>0,05$).

O nitrogênio possui grande relevância no crescimento vegetativo da hortelã, por estar relacionado a vários eventos metabólicos ou sendo um componente de estruturas químicas no vegetal, por conta disso, é muito importante que esse elemento esteja disponível de forma a ser absorvido e possa gerar um desenvolvimento satisfatório para a planta. Observou-se que os tratamentos possibilitaram as plantas de hortelã um maior crescimento, sendo o maior aumento de massa responsável pelo tratamento 8 que recebeu a maior dosagem e o tratamento 7 que recebeu a segunda maior dose em concordância com o estudo realizado por MAIA (1998).

Para produção de matéria seca o modelo que melhor se ajustou foi a equação linear do experimento de hortelã (Figura 1) e demonstra o comportamento da produção de matéria seca da menta ao incremento de doses de nitrogênio na cultura da menta.

O modelo linear aponta que para cada 0,70 gramas de nitrogênio acrescentados na cultura houve uma resposta de 3,10 gramas de matéria seca produzida. Tal resultado aponta para uma correlação positiva entre o incremento de doses de nitrogênio e o aumento na produção de matéria seca da menta.

FIGURA 1. Produção de matéria seca em função das dosagens de nitrogênio. Trindade, GO.



Fonte: Autores

Os resultados observados na avaliação da produção média de óleos essenciais de acordo com os diferentes tratamentos estão contidos na Tabela 2.

TABELA 2. Médias de teores de óleo essencial em função das doses de nitrogênio aplicadas na cultura da menta. Trindade, GO.

Tratamentos	Média Óleos (mg) *
1	2,88 e
2	3,47 d
3	3,54 cd
4	4,21 bc
5	5,02 b
6	5,23 b
7	6,08 ab
8	7,64 a

*Letras minúsculas diferentes na coluna demonstram diferença significativas entre os tratamentos no teste de Tukey ($p > 0,05$).

A Figura 3 apresenta as médias de teores de óleo de cada tratamento. Os tratamentos 8 e 7 não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$), porém, ambos apresentaram aumento na produção de óleos essenciais em comparação aos outros tratamentos. Já para os tratamentos 7, 6, 5, e 4 não se observa diferença significativa entre si, entretanto, quando comparado aos tratamentos 3, 2 e 1, houve um aumento considerável de óleo essencial.

Observou-se que os tratamentos 4 e 3 não demonstraram diferença significativa entre si, apesar de que, tenham apresentado um aumento expressivo de óleo em comparação aos tratamentos 2 e 1. Em relação aos tratamentos 3 e 2 não foi possível verificar diferenças significativas entre si, porém o aumento foi consideravelmente superior ao tratamento 1.

O presente estudo corrobora com os ensaios realizados por Pegoraro *et al.* (2010), que observaram que em seus ensaios com *Mentha piperita* apresentaram relação direta entre o aumento da biomassa com o aumento no rendimento de óleos essenciais por planta.

Autores como Burbott e Loomis (1967), Mattos e Innecco (2002) e Ramos *et al.* (2005), CARDOSO *et al.*, (2013) e RETZLAFF *et al.* (2015), também observaram aumento no rendimento de óleos essenciais por planta devido ao aumento de biomassa da mesma. Deschamps *et al.* (2012) ao conduzirem experimentos com *M. piperita* constataram queda na produção de

óleos essenciais ao aumentarem as doses de nitrogênio na forma de ureia de 77,0 L.ha⁻¹ para 58,9 L.ha⁻¹, porém ao utilizarem sulfato de amônio observaram um aumento no rendimento de óleos essenciais de 65,9 L.ha⁻¹ para 81,8 L.ha⁻¹.

De acordo com Morais (2009), o aumento das doses de nitrogênio aplicados na planta pode desencadear aumento nos valores de óleo essencial da menta, ocorrendo, entretanto, queda no percentual de linalol. No entanto, é possível acontecer variações, a depender das condições de cultivo.

Souza *et al.* (2007) ao desenvolverem estudos com *M. piperita* observaram queda no rendimento de óleos essenciais com o aumento de dosagens de nitrogênio. Além disso, Souza *et al.* (2007), observaram que plantas expostas a mesma dosagem de N apresentaram diferentes níveis de rendimento de óleos essenciais em diferentes datas de colheita com 1,47% aos 29 DAT (Dias Após o Transplântio) para 0,48% aos 64 DAT. Segundo Souza *et al.* (2007) tal resultado deve-se ao motivo do vegetal gerar maior quantidade de tricomas glandulares no período juvenil da planta, apresentando queda na floração e voltando a aumentar depois desta fase, de acordo com vários autores (TURNER *et al.*, 2000; MCCONKEY *et al.*, 2000; MARTINS, 2002).

O presente estudo difere do realizado por Souza *et al.* (2007), pois o processo de ativação das vias metabólicas especiais está conectado com determinados elementos externos, entre eles a disponibilidade de nutrientes.

Nos primórdios do crescimento a competição entre as plantas por nutrientes é menor, mas ao longo do tempo com o crescimento da planta o N pode gerar uma disputa entre as plantas, caso as mesmas se encontrem fixadas muito proximamente. Além do mais, outro fator não ligado a nutrição pode estar relacionado a queda do rendimento de óleo essencial no decorrer do experimento, tal como o processo de maturação das folhas e as condições ambientais.

De acordo com Martins (2002), a queda na produção de tricomas glandulares decorre por conta da maturação das folhas que causaria a queda na produção de óleos voláteis.

Conforme a Figura 2, pode-se observar um incremento também do teor de óleo essencial com o aumento do teor de nitrogênio aplicado em cobertura na cultura de menta.

FIGURA 2. Produção média de óleo essencial em mg, em função das doses de Nitrogênio aplicadas em cobertura. Trindade, GO.

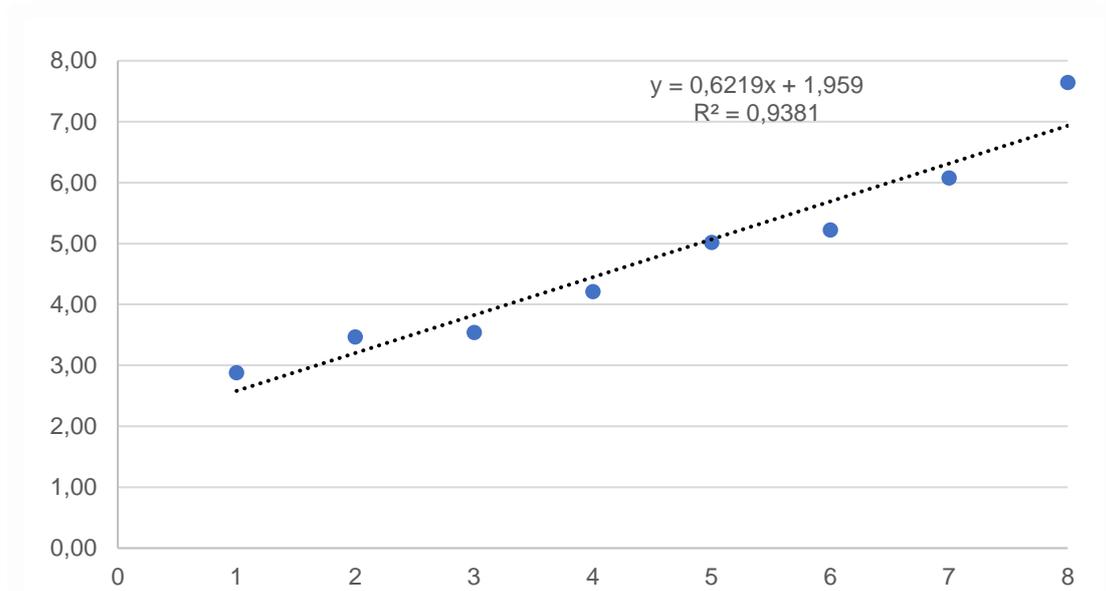


Fonte: Autores

Mcconkey *et al.* (2000) e Turner *et al.* (2000), observaram que o nitrogênio, além de estimular o crescimento de matéria seca, atua também no processo de formação dos tricomas glandulares. Apenas 30 horas são requeridas para completar o preenchimento do espaço de armazenamento das glândulas com óleo essencial. Daí por diante, fatores ambientais como vento, incidência de radiação solar e temperatura, poderiam beneficiar a liberação dos óleos essenciais armazenados.

Para produção de óleo essencial, o modelo mais ajustado foi o linear, para o experimento de menta (Figura 3), o qual expressa o comportamento da produção de óleo essencial da menta ao incremento de doses de nitrogênio na cultura, quando 93,8% da produção de óleo essencial está relacionado às doses de nitrogênio aplicadas. O modelo demonstra que para cada 0,62 gramas de nitrogênio aplicados na cultura houve resposta de 1,96 mg de óleo essencial produzido pela menta. O resultado obtido aponta para uma correlação positiva entre o incremento de doses de nitrogênio e o aumento na produção de óleo essencial.

FIGURA 3. Produção de óleo essencial em função das dosagens de nitrogênio aplicadas na cultura da menta. Trindade, GO.



Fonte: Autores .

Os tratamentos com as maiores dosagens de nitrogênio estimularam a planta de menta a produzir maiores quantidades de matéria seca na parte aérea e de maiores quantidades de óleo essencial de menta. Souza *et al.* (2007), observaram resultados semelhantes ao conduzirem experimento com aumento linear de doses de nitrogênio na cultura da hortelã.

Os resultados gerados por este estudo apontam que para a obtenção de um nível satisfatório de produção de matéria seca e óleos essenciais o tratamento 8 (140 kg.ha⁻¹ de N) foi o mais adequado. No entanto, alguns cuidados devem ser tomados com o espaçamento de plantio e determinadas condições ambientais, como vento, radiação solar, temperatura e a data de colheita para evitar a volatilização dos óleos quando o foco for a produção de óleo essencial.

CONCLUSÃO

A produção da massa seca e óleos essenciais de *Mentha piperita* responderam linearmente às dosagens de nitrogênio testadas.

REFERÊNCIAS

BIZZO, H.R.e REZENDE, C.M. O mercado de óleos essenciais no Brasil e no mundo na última década. **Quim. Nova**. Rio de Janeiro, v. 45, n.8, 949-958, 2022.

BURBOTT, A. J.; LOOMIS, W. D. Effects of light and temperature on the monoterpenes of peppermint. **Plant Physiology**, v. 42 p. 20-28, 1967. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1086485/?page=1#>. Acesso em: 18 nov. 2019.

CARDOSO, A.A S de; SANTOS, J. Z. L.; CHAVES, F. C. M.; TUCCI, C. A. F.; OKA, J. M; FERREIRA, M. S. da. Efeito do nitrogênio no crescimento inicial e produção de óleo essencial de *Piper aduncum* L. **XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**.

Florianópolis, SC, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/968116/1/CBCSPiper.pdf>.

DESCHAMPS, C.; MONTEIRO, R.; MACHADO, M. P.; BIZZO, H.; BIASI, L. A. Produção de biomassa, teor e composição do óleo essencial de *Mentha piperita* L. em resposta a fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 12-17, 2007.

FERNANDES, L. C. P. **Aspectos Químicos, farmacológicos e biotecnológicos de Mentha x piperita L.** INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ. Curso Técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal do Paraná - Campus Londrina. Londrina, PR, 2018. Dissertação. Disponível em: <https://ifpr.edu.br/>. Acesso em: 24 de jul 2023.

FREIRE, M. F. I.; SOUZA, S. R.; BERBARA, R. L. L; ABREU, H. S. Vernonia scorpioides (Lam.) Pers. Asteraceae - determinação de fatores nutricionais relacionados a produção de princípio ativo. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 5, p. 35-138. 1998.

GARLET, T. M. B; SANTOS, O. S.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A; GARCIA, D. C.; SINCHAK, S. S. Crescimento e teor de óleo essencial de mentas com diferentes concentrações de potássio na solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 230-237, abr./jun. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v25n2/19.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2019.

GONÇALVES, F. C. M. **Menta (*Mentha piperita* L.) cultivada com aplicação de ácido salicílico: avaliações fotossintéticas e bioquímicas.** 2017. 129p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2017.

KOKETSU, M.; GONÇALVES, S. L. **Óleos essenciais e sua extração por arraste a vapor.** Rio de Janeiro, EMBRAPA-CTAA, 1991. 24p. (EMBRAPA-CTAA. Documentos, 8).

MAIA N.B. Efeito da nutrição mineral na qualidade do óleo essencial da menta (*Mentha arvensis*) Cultivada em solução nutritiva. In MING LC. **Plantas medicinais aromática e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica.** Botucatu: UNESP. p. 81-96. 1998.

MATTOS, S. H.; INNECCO, R. Idade ideal de corte da Mentha arvensis L. como produtora de óleo essencial e mentol para o Estado do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 5, p. 15-18, 2002.

MAY, A.; SUGUINO, E.; MARTINS, A. N.; PINHEIRO, M. Q. Produção de biomassa e óleo essencial de Mentha citrata em função do manejo cultural e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, PE, vol. 5, núm. 3, jul-set, 2010, pp. 370-375, 1998.

MCCONKEY M. E.; GERSHENZON J.; CROTEAU R. B. Developmental regulation of monoterpenes biosynthesis in the glandular trichomes of peppermint. **Plant Physiology**, v. 122, p. 215-223, 2000.

MARTINS, M.B.G. Estudos de Microscopia óptica e de microscopia eletrônica de varredura em folhas de *Mentha spicata* e de *Mentha spicata X suaveolens* (Lamiaceae). **Bragantia**, Campinas, v. 61, p. 205-218, 2002.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2 (suplemento), p. S4050-S4063, 2009. CD Rom. Aromaterapia: mercado em ascensão no Brasil.

MORAIS, T. P.; ASMAR, S. A.; LUZ, J. M. Q. Reguladores de crescimento vegetal no cultivo in vitro de *Mentha Piperita* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 16, n. 2, supl.1, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-05722014000500007&script=sci_arttext. Acesso em 21 abr. 2019.

PARREIRAS, N.S. de. Aromaterapia: mercado em ascensão no Brasil. **Campo & Negócios**. 2023. Disponível em: <http://revistacampoenegocios.com.br/aromaterapia-mercado-em-ascensao-no-brasil/>. Acesso em 10 de outubro de 2023.

RAM, M.; KUMAR, S. Yield improvement in the regenerated and transplanted mint *Mentha arvensis* by recycling the organic wastes and manures. **Bioresource Technology**, v. 59, n. 2-3, p. 141-149, feb. /mar. 1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852496001599>. Acesso em 06 dez. 2019.

PAULUS, D.; MEDEIROS, S.L.P.; SANTOS, O.S.; MANFRON P.A.; PAULUS, E.; FABBRIN, E. Teor e qualidade do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.) produzida sob cultivo hidropônico e em solo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. Botucatu, v.9, n.2, p.80-87, 2007. Disponível em: <https://www1.libb.unesp.br/>. Acesso em: 28 de jun de 2023.

RAMOS, S. J.; FERNANDES, L. A.; MARQUES, C. C. L.; SILVA, D. D.; PALMEIRA, C. M.; MARTINS, E. R. Produção de matéria seca e óleo essencial de menta sob diferentes doses de fósforo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, p. 9-12, 2005.

RETZLAFF, E. A.; ABBOUD, F.Y.; PAULETTI V. e DESCHAMPS. Adubação nitrogenada na produção de *Melissa officinalis* L **XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**. 2015. Natal, RN.

RODRIGUES, C. R.; FAQUIN, V.; TREVISAN, D.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; RODRIGUES, T. M. Nutrição mineral, crescimento e teor de óleo essencial da menta em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo e épocas de coleta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 573-578, jul. /set. 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362004000300014. Acesso em: 18 nov. 2019.

PEGORARO, R. L.; FALKENBERG, M. B.; VOLTOLINI. C. H.; SANTOS, M.; PAULILO, M. T. Produção de óleos essenciais em plantas de *Mentha piperita* L. var. *piperita* (Lamiaceae) submetidas a diferentes níveis de luz e nutrição do substrato. **Revista Brasileira de Botânica**, Florianópolis, v. 33, n. 4, p. 631-637, jul. /set. 2010.

SOUZA, M. A. A.; ARAÚJO, O. J. L.; FERREIRA, M. A.; STARK, E. M. L. M.; FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Produção de biomassa e óleo essencial de hortelã em hidroponia em função de nitrogênio e fósforo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 41-48, jan. /mar. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v25n1/a09v25n1.pdf>. Acesso em 19 nov. 2019.

SOUZA-MOREIRA T. M., SALGADO H R. N., PIETRO, R. C. L. R. O Brasil no contexto de controle de qualidade de plantas medicinais. **Brazilian Journal of Pharmacognosy** v.20(3): 435-440, Jun./Jul. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2010000300023>. Acesso em: 11 ago. 2023.

TURNER, G. W.; GERSHENZON, J.; CROTEAU, R. B. Distribution of peltate glandular trichomes on developing leaves of peppermint. **Plant Physiology**, v. 124, p. 655-663, 2000.

VALMORBIDA, J.; BOARO, C. S. F. Growth and development of *Mentha piperita* L. in nutrient solution as affected by rates of potassium. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Botucatu, v. 50, n. 3, p. 379-384, may 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/babt/v50n3/03.pdf>. Acesso em: 19 out. 2019.

VEIGA JUNIOR. Estudo do consumo de plantas medicinais na Região Centro-Norte do Estado do Rio de Janeiro: aceitação pelos profissionais de saúde e modo de uso pela população. **Brazilian Journal of Pharmacognosy** v.18, n.2: 308-313, Abr./Jun. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2008000200027>.pdf. Acesso em: 11 fev.2022.

AValiação DA ESTRADA NÃO PAVIMENTADA E BACIAS DE RETENÇÃO COMO REFERÊNCIA A CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA E TOMOGRAFIA DO SOLO

Marcelo Tsuyoshi Haraguchi^{11*}

Marta Pereira da Luz²²

Vlândia Correchel³³

Nori Paulo Griebeler⁴⁴

Felipe Corrêa Veloso dos Santos⁵⁵

Alexandre Garces de Araújo⁶⁶

Fernando Ernesto Ucker⁷⁷

RESUMO

A estrada não pavimentada em estudo apresenta encaixada e sem inclinação transversal. Nesse sentido, o dimensionamento de sistemas de drenagem e estruturas hidráulicas foram destinadas ao controle da erosão e perdas de solo. A estrada teve sua seção transversal inclinada com 4% e subdividida em trechos de 20 m ligada por um canal a uma bacia de retenção e pré bacias circulares com a utilização do software ESTRADAS. Para verificar o comportamento das bacias de retenção utilizou-se vários tratamentos e ensaios físicos do solo. Para verificar ainda o comportamento do selamento das pré bacias foram realizados ensaios de tomografias para averiguar a dinâmica da porosidade no decorrer do perfil analisado pelo depósito de sedimentos. Para a análise do evento de precipitação anula, as bacias de retenção com faixa filtro vegetativa e pré bacias apresentam dinâmica de infiltração com melhor eficiência ao longo do tempo. O software utilizado apresenta resultados significativos, uma vez que não houve transbordamento tanto das pré bacias como as bacias de retenção. Para este tipo de solo o selamento acontece em camadas sucessivas de deposição e não em uma única camada como se tem verificado.

Palavras-chave: captação de água; finos; selamento; erosão.

EVALUATION OF UNPAVED ROAD AND RETENTION BASINS AS REFERENCE TO HYDRAULIC CONDUCTIVITY AND SOIL TOMOGRAPHY

ABSTRACT

Studying the rate of the soil physical quality is essential to understand its behavior and potential when it comes to its use. Therefore, this study aims to analyze the physical rates associated to sediment retention basin of non-paved road of a Dystrophic Red Oxisoil. In the study place 24 retention basins were built. Four treatments with six repetitions were related to the canal and to the retention basin. Randomly, 6 retention basins were selected with different arrangements or treatments to determine the soil physical quality rates. Non-deformed samples were collected in the basins 0-5 cm depth. After collection, the samples were taken to the soil physics laboratory of the Federal University of Goiás. In the basin, the following physical parameters were analyzed. For the physical definitions, texture, particle density, soil density, total porosity and water retention in field capacity were performed. After that, descriptive analysis were performed for each treatment variable aiming to verify the behavior pattern of the studied variables distribution. To enable the comparison between the basins and the variable set, it was performed the multivariate analysis based on the Ward method, with the help of the computational application PAST, 2.08b version. According to the fine production dynamics, the retention basins performed their material retention function, and also caught the water that was not seeped into the road. Based on the evaluated parameters, the best treatment was pre basin with vegetated canal.

Keywords: water capture; thin; sealing; erosion.

Recebido em 07 de novembro de 2023. Aprovado em 20 de dezembro de 2023

¹ PUC-GO, Escola Politécnica e de Artes, E-mail: haramt@yahoo.com.br

² PUC-GO, Escola Politécnica e de Artes, E-mail: marta.eng@pucgoias.edu.br

³ UFG, Escola de Agronomia, E-mail: vladiacorrechel@hotmail.com

⁴ UFG, Escola de Agronomia, E-mail: nori@ufg.br

⁵ PUC-GO, Escola Politécnica e de Artes, E-mail: felipesantos@pucgoias.edu.br

⁶ UEG, Engenharia Civil, E-mail: alexandregarces@gmail.com

⁷ UNIARAGUAIA, Engenharia Ambiental, e-mail: ferucker@gmail.com

INTRODUÇÃO

As estradas não pavimentadas possuem grande importância para o desenvolvimento social e econômico do Brasil, uma vez que servem de ligação as estradas pavimentadas. A erosão provocada pela água no leito e nas margens destas estradas é um dos principais fatores para sua degradação. Para evitar a erosão utilizou-se as bacias de acumulação, associado à aspectos de conservação e a preservação ambiental. A estrada piloto está localizada no município de Goiânia – GO, tendo como referência a estrada GO 462 saída para o município de Nova Veneza. Essa estrada apresenta 600 m de comprimento, com declividade média de 5%, tendo sido mapeada topograficamente de 20 em 20 m. O solo da área é o Latossolo Vermelho Distrófico. Como a estrada é encaixada, decidiu-se chapar a seção transversal em torno de 4% e associar as bacias de acumulação. Foram construídas 24 bacias, porém 08 bacias apresentaram uniformidade para as análises. No primeiro tratamento a bacia de acumulação é ligada a estrada por um canal aberto de 10 m de comprimento. No segundo, no canal é plantado grama Batatais com comprimento de 10 m. No terceiro é utilizada uma pré bacia de 3 m de diâmetro e 1,5 m de profundidade ligada a estrada por um canal aberto com 5 m de comprimento. O quarto também tem uma pré bacia com mesmas características porém com canal vegetado com grama Batatais de 5 m. A largura dos canais é fixa em 0,80m e são colocadas em 20 em 20m da estrada. Para o dimensionamento dessas bacias circulares foi utilizado o programa ESTRADAS com 6 m de diâmetro e 2,0 m de profundidade. A estrada foi subdividida com lombada e tem 5 m de largura e 20 m de comprimento, totalizando 100 m² de área de influência para a coleta de drenagem das águas pluviais e sedimentos gerados. A chegada dos sedimentos nas bacias e pré bacias alteram significativamente os atributos físicos e interferem direta na dinâmica de infiltração ou ainda na condutividade hidráulica.

Como a condutividade hidráulica não foi totalmente anulada, utilizou-se a microtomografia para verificar o comportamento da porosidade com a profundidade. Constatou-se que o selamento ou a incapacidade de infiltração acontece em camadas sucessivas e não somente superficialmente como era a hipótese. A variabilidade da porosidade corrobora essa constatação. O melhor tratamento é a pré bacia com canal vegetado, seguido de canal vegetado, seguido de pré bacia sem canal vegetado, seguido de canal não vegetado. Nesse sentido, os impactos do uso e manejo na qualidade física do solo têm sido quantificados, utilizando-se diferentes propriedades físicas do solo, tais como: compactação do solo (Müller et al, 2001), densidade (Alves et al., 2007) e resistência do solo à penetração (Blainsk, 2008).

MATERIAL E MÉTODOS

Dimensionamento das bacias usando o software “Estradas”

Depois de averiguada a adequação da estrada, foi implantado o experimento e em cada tratamento analisado o volume de água infiltrada, os atributos físicos do solo por meio de diversos indicadores de qualidade física e hídrica do solo, em diferentes posições nas bacias e pré-bacias, bem como a área superficial das mesmas.

Depois de analisar se a adequação da estrada não pavimentada para implantação do experimento, foi realizado o dimensionamento da bacia de retenção de água de chuva utilizando o programa ESTRADAS, que permite dimensionar sistemas de drenagem e bacias de acumulação em estradas não pavimentadas, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa (MG). A Figura 4.1 ilustra as telas do programa com os dados de entrada, e os valores estimados para o projeto.

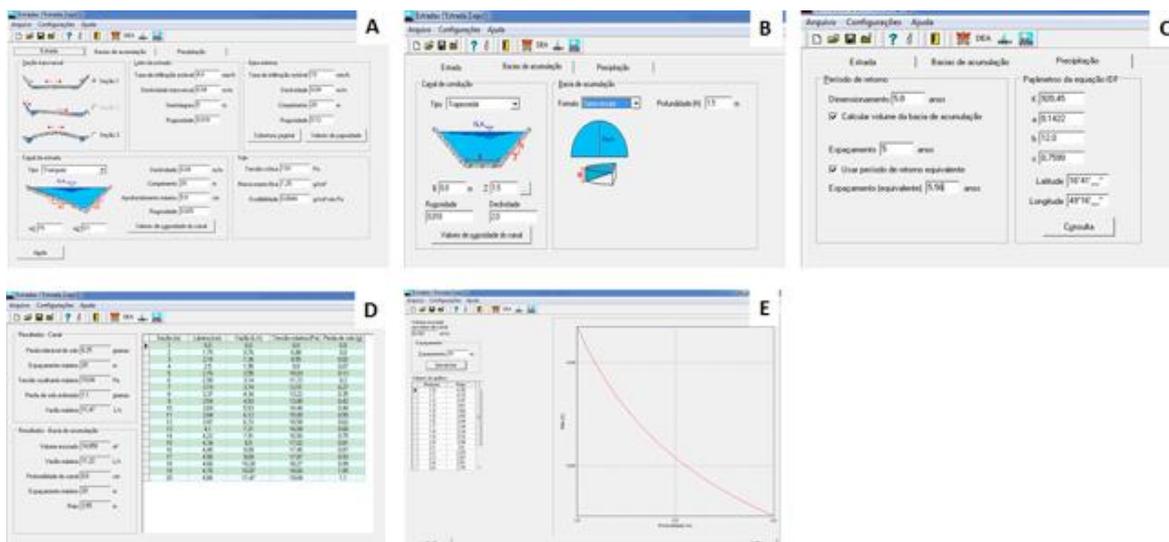


Figura 1. Dimensionamento das bacias de retenção de água usando o programa ESTRADAS e dados conforme Oliveira et. al (2005 e 2008).

Bertoni & Lombardi Neto (1975) recomendam que a estrada tenha declividade de 5 a 10% e distância máxima entre bacias de retenção de 50 m. A unidade experimental foi subdividida em trechos de aproximadamente 20 m de extensão e 5 m de largura, apresentando mesma área de drenagem e distância linear entre pontos de coleta de água.

Construção das bacias e pré-bacias

Com o intuito de verificar a dinâmica de infiltração na bacia de retenção, a cada final de trecho separado por obstáculo na pista tipo lombada, foi interligado um canal para escoamento das águas de chuva e sedimentos gerados nesta área, estando este canal interligado à bacia de retenção e infiltração ou pré bacia. Portanto a unidade experimental, inicialmente plana foi modificada, inclinando a seção transversal da pista em torno de 7% com a utilização da motoniveladora (Figura 2a).

A largura do canal está relacionado a largura da “concha” da retroescavadeira, nesse caso, 80 cm. A profundidade varia a partir de 50 cm para mais, uma vez que a estrada é caracterizada como encaixada (Figura 2b) e sua variação ocorre na extensão longitudinal, com declividade média de 5%. A declividade média dos canais foi de 4%.

Para a execução do canal (Figura 2b), o comprimento dos canais foi estimado em 10 m tanto para canais com ou sem vegetação, porém para canais interligados por pré bacia, o comprimento do canal foi de 5 m.

Assim, a bacia de acumulação ou retenção adotada foi 6,0 m de diâmetro e 2,0 m de profundidade, com espaçamento entre bacias de 20 m, para garantir a acumulação de água, com base nos tratamentos.



Figura 2. Construção das bacias de retenção: mudança do abaulamento da pista (A) e execução do canal (B).

Tratamentos

Os tratamentos foram compostos para diferentes condições de manejo, de forma a verificar a variação na dinâmica de infiltração de água da chuva, tanto no canal de ligação, quanto na pré bacia de decantação e bacia de retenção.

O dimensionamento foi proposto de maneira a atender em diferentes coberturas vegetais e conseqüentemente, diferentes taxas de infiltração, intensidades de enxurrada e deposição de material erodido no canal, na pré bacia de decantação e na bacia de retenção.

Para o estudo foram relacionados quatro tratamentos (Figura 3) com seis repetições para o canal e a bacia de retenção: 1 – canal sem vegetação e ligado a bacia de retenção (testemunha e comumente utilizado), 2 – canal vegetado com grama batatais (*Paspalum notatum*), ligado a bacia de retenção, 3 – canal sem vegetação ligado a uma pré bacia de sedimentação e depois ligado a bacia de retenção e 4 – canal vegetado com grama batatais (*Paspalum notatum*), ligado a uma pré bacia de sedimentação e depois ligado a bacia de retenção. O delineamento experimental utilizado foi o Inteiramente Casualizado (DIC), sendo os tratamentos distribuídos por meio de sorteio. A Tabela 4.1 indica os tipos de tratamento e o sorteio das bacias e pré bacias.

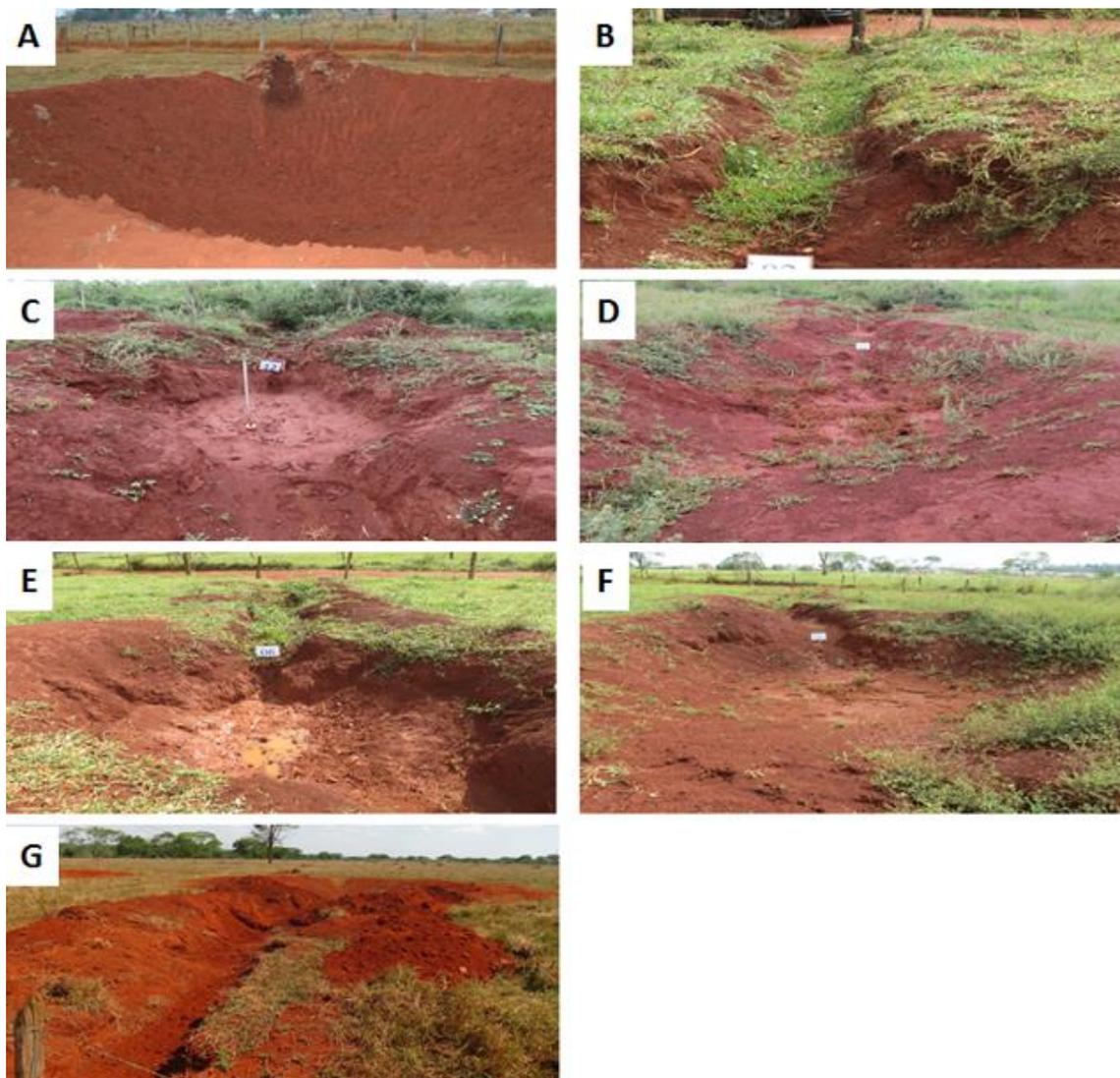


Figura 3. Tratamentos: Canal não vegetado ligado a bacia (A), canal vegetado ligado a bacia (B), canal não vegetado ligado a bacia (C) e pré-bacia(D), canal vegetado ligado a pré-bacia (E) e bacia (F) e canal executado (G).

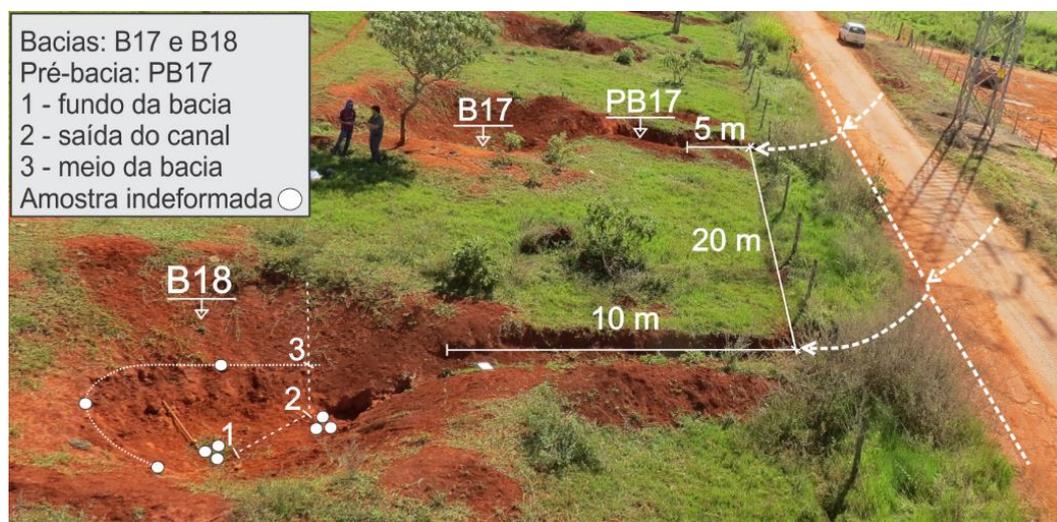


Figura 4. Esquema do perfil de coleta de solo – amostragem indeformada.

Para cada tratamento foram retiradas 9 amostras indeformadas em anéis volumétricos de aço inox, com 0,053 m de altura média e 0,043 m de diâmetro médio, conforme a figura 4.

Parâmetros Físicos (Indicadores físicos de qualidade do solo)

Foram analisados os seguintes parâmetros físicos na Bacia: densidade do solo (DS), porosidade total calculada (PTc), porosidade total determinada (PTd), condutividade hidráulica saturada (KSAT).

Para as determinações físicas foram realizadas textura, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade total, retenção de água na capacidade de campo, realizadas segundo método descrito em Embrapa (2011).

Condutividade Hidráulica do Solo Saturada (K_0)

Para essa análise foi construído um Módulo de Permeâmetro de Carga Constante com capacidade para analisar sete amostras de modo simultâneo (Figura 4.6).



Figura.5. Módulo do Permeâmetro de Carga Constante construída para determinação da condutividade hidráulica do solo saturado das Bacias de retenção em estradas não pavimentadas.

Para o cálculo da condutividade hidráulica saturada foi utilizado a equação de Darcy com dados obtidos da figura 5:

$$K_0 = \frac{V_A \cdot L}{A \cdot t(h+L)} \quad (4.7)$$

Em que: V_A é o volume coletado (cm^3); L o comprimento do filtro que contém a amostra (cm); A é a área da secção transversal (cm^2); t é o tempo para a coleta do volume (s); H é a carga hidráulica sobre a amostra (cm); K_0 é a condutividade hidráulica (cm h^{-1}).

Tomografias

A microtomografia computadorizada de raios X (microCT) fundamenta-se na atenuação de feixes de raios X que, ao atravessar um objeto em análise, sob diversos ângulos possibilita a reconstrução da sua estrutura interna. Como técnica não-destrutiva apresenta inúmeras vantagens na análise da estrutura do solo, mantendo a integridade das amostras (Steppe et al., 2004; Wenersson et al., 2009). A microCT é uma das mais avançadas tecnologias de análise não destrutiva, proporcionando a construção de imagens da estrutura interna em 2 e 3D a microCT (Mayo et al., 2010)

No presente estudo, a microTC foi utilizada para medir a porosidade das amostras de solo. Para a obtenção das imagens tomográficas do solo retirado das pré bacias foi utilizado um Microtomógrafo de Raios X, marca SkyScan, modelo 1172 (Figura 6), do Laboratório de Técnicas Nucleares da Embrapa Instrumentação Agropecuária/CNPDIA, em São Carlos, SP.

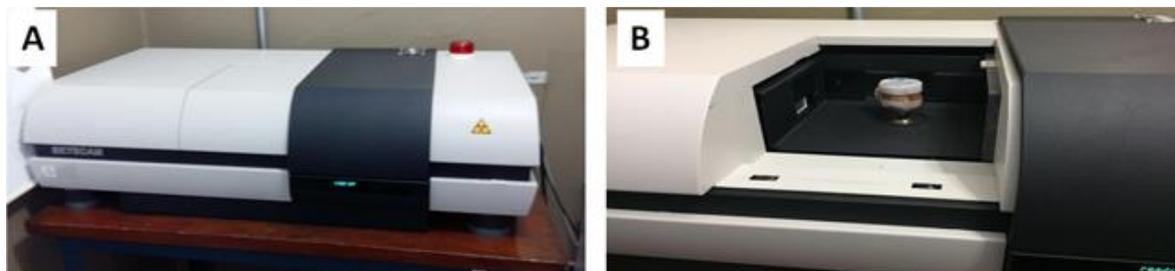


Figura 6. Microtomógrafo computadorizado marca SkyScan modelo (A) utilizado na análise da porosidade das amostras coletadas nas pré bacias (B).

Para as análises da tomografia do solo foram escolhidas as somente as pré bacias 05 (PB05), 07 (PB07), 12 (PB12) e 13 (PB13) com canal não vegetado (Figura 7) em função de não restringir a passagem de fluxo de sedimentos no canal. Pelo fato da pré-bacia ser menor que a bacia (3m de diâmetro e 1,5m de profundidade), assim como seu canal (5m), o monitoramento da chegada dos resíduos finos foi mais adequado e com repetições. O canal foi protegido com madeira com 15 cm de altura e 40 cm de largura, com a finalidade de evitar a chegada de resíduos do desbarrancamento do talude. Assim, somente os resíduos da estrada e do canal chegavam a pré bacia. Desta forma, a distribuição e concentração dos sedimentos na pré bacia pode ser melhor analisada. Foram analisados os pontos A (Centro), B (meio) e C (lateral) da pré bacias (Figura 7).

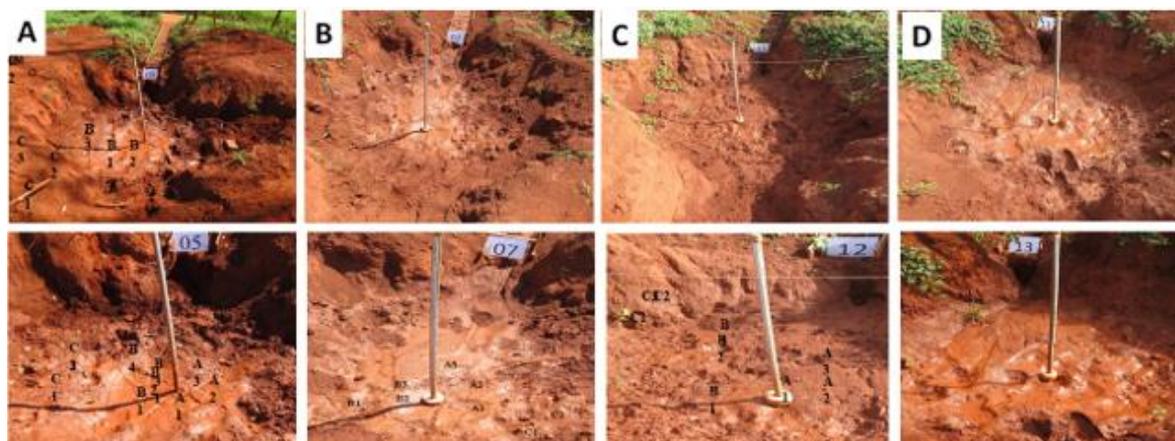


Figura 7. Tratamentos selecionados para coleta de amostras para análise tomográfica: Bacia e Pré Bacia 05 (A), 07 (B), 12 (C) e 13 (D) e posições de coleta (A= Centro, B = meio e C = lateral, com 03 repetições).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando a Tabela 1 com os dados obtidos por Santos et. al (2011), os atributos encontrados na área de pastagem contínua (similar a área de estudo), da Embrapa Arroz e Feijão no município de Santo Antonio de Goiás, local a 7 km da área da estrada não pavimentada e das bacias e pré bacias apresentaram diferenciações na densidade do solo, com valor médio de

1,17 (Mg m⁻³); porosidade total, com valor de 0,51 (m³ m⁻³); microporosidade, com valor de 0,34 (m³ m⁻³); macroporosidade, apresentando valor de 0,17 (m³ m⁻³) e condutividade hidráulica no valor de 272 (mm s⁻¹). Isto indica que o fluxo de sedimentos que chegam nas bacias e pré bacias são suficientes para alterar o comportamento dos atritutos físicos que estão diretamente relacionados a dinâmica de infiltração tanto da pré bacia como bacia. A constatação da diminuição da condutividade hidráulica é o principal fator que corrobora para essa dinâmica.

Tabela 1. Principais indicadores físicos estudados.

IQ*	BCV		BSV		BSV+PBSV		PAST	
DMP	1,81	± 0,14	2,24	± 0,11	2,01	± 0,25	4,51	± 0,17
DMG	1,19	± 0,15	1,82	± 0,22	1,43	± 0,31	3,52	± 0,23
%agreg>2m m	50,2	± 5,22	62,46	± 3,89	53,9 2	± 10,85	70,01	± 6,65
IEA	88,81	± 1,04	92,13	± 0,45	91,2 9	± 1,55	92,82	± 1,01
DS	1,34	± 0,04	1,33	± 0,02	1,28	± 0,09	1,21	± 1,27
DP	2,63	± 0,03	2,66	± 0,02	2,65	± 0,05	2,65	± 0,03
Ptdeterminada	0,59	± 0,02	0,57	± 0,01	0,59	± 0,03	0,47	± 0,43
MIC	0,46	± 0,02	0,42	± 0,01	0,42	± 0,04	0,12	± 0,12
MAC	0,13	± 0,01	0,15	± 0,01	0,18	± 0,04	0,35	± 0,31
G.F	76,68	± 2,58	83,35	± 2,4	82,1 7	± 7,95	85,32	± 2,47
KSAT	27,67	± 8,7	54,49	± 18,87	51,5 9	± 14,96	158,9	± 44,4

Bacias: BCV – Bacia com Canal Vegetado; BSV – Bacia com canal Sem Vegetação; BSV+PBCV – Bacia com canal Sem Vegetação com Pré Bacia com Canal Vegetado; PAST – Pastagem (área adjacente); DMP: diâmetro médio ponderado, DMG: diâmetro médio geométrico, AGRE: agregados maiores 2mm,; IEA: índice de estabilidade de agregados, Ds: densidade do solo, DP: densidade de partículas, PTc: porosidade total calculada, PTd: porosidade total determinada, Mi: microporosidade, Ma: macroporosidade, GF: grau de floculação, KSAT: condutividade hidráulica saturada.

A produção de sedimentos tem grande potencial para estudar a degradação e o manejo dos recursos naturais, pois podem estimar os impactos das atividades agrícolas (Roffe, 2012; Silva, 2020). Na Tabela 1, observa-se variações atípicas, uma vez que a deposição de sedimentos ressalta a possibilidade de utilizar a análise de textura como estimativa. Rodrigues *et al.* (2013) e Dorneles *et al.* (2019) discutiram a geração de sedimentos em microbacias hidrográficas, corroborando com os resultados da Tabela 2.

Os dados acumulados de distribuição de chuva para janeiro de 2016 foram registrados em 432,2 mm, o que é bem diferente dos 141,2 mm em 2017. No entanto, este primeiro teve mais chuvas torrenciais, o que resultou em aumento do escoamento (*runoff*). No caso de áreas urbanas parcialmente a totalmente impermeáveis, a permeabilidade diminui devido ao aumento da densidade de partículas, gerando um elevado escoamento superficial e conseqüentemente alto índice de partículas nas bacias de retenção. Resultados equivalentes foram ratificados por trabalhos como os de Nunes, Fiori e Firpo (2011) e Hamza e Anderson (2005).

Nas condições do presente estudo, a impermeabilização da estrada contribuiu para o transporte de material arenoso no fundo da bacia, com valores de DMP e DMG alterados, comprovando que essas bacias são fundamentais para reduzir alguns processos de erosão. A

variabilidade dos vários tipos de bacias fica evidente com a deposição de finos, correspondendo a bacia com vegetação apresentando menor valor, como se observa na tabela 2.

A partir da comparação entre os resultados encontrados em campo (tabela 2), nota-se que há fortes indícios de compactação na área da bacia vegetada. Sá e Santos Júnior (2005) conceituaram a compactação como o processo de rearranjo das partículas e agregados do solo. Estes últimos mudando de forma e tamanho, conforme observado neste estudo.

Em resposta à mudança de densidade, os resultados das pastagens foi de $1,21\text{g cm}^{-3}$. Este aumento de densidade é devido à quantidade de material depositado nos primeiros 15 mm da superfície do fundo da bacia. Equivalente dinâmica de deposição ocorrem em estradas vicinais, e foi observada em áreas de reservatórios hidrelétricas (Cabral, 2005) e paisagens naturais (Costa *et al.*, 2015). Como os índices de densidade foram muito superiores que o esperado para Latossolos, esta afirmação pode ser categoricamente aceita (SiBCS, 2013).

Na tabela 2, a porosidade total do solo é composta por macroporos e microporos, sendo que o aumento de um diminui a porcentagem do outro. Freitas et al (2017) não observaram diferenças nos valores de porosidade total em relação à profundidade, mas os menores valores se referem a áreas de pastagem na área de Cerrado, possivelmente devido à decomposição das raízes das plantas e pisoteio por animais. Sob diferentes formas de uso de um Latossolo Vermelho, Matias et al. (2009), mencionaram que a porosidade total teve pouco efeito nas mudanças causadas pelo preparo do solo, seja em profundidade, seja pelos diferentes usos. Embora a porosidade da mata nativa foi maior em todas as camadas do solo (Tezolin, 2021).

Gomes *et al.* (2019) também constataram que a vegetação nativa tem maior porosidade, enquanto as pastagens favorecem a exposição do solo a processos de degradação devido a problemas de compactação. Os autores explicam que a vegetação natural apresenta melhores condições físicas por estar protegida e conservada de ações antrópicas. Conseqüentemente, a quantidade de sedimentos que atinge a bacia e pré bacia são afetadas pelo tratamento.

Conforme pode ser observado na tabela 2, não houve diferença significativa no grau de floculação da argila entre os sistemas de tratamento avaliados. Esses valores indicaram alto grau de dispersão. Quando em contato com água, muita da argila do solo é facilmente mobilizada, resultando como consequência obstrução dos poros com redução na permeabilidade à água e ao ar. Em um Cambissolo, na Chapada do Apodi, Rocha *et al.*, (2019) obtiveram resultados equivalentes, o qual associou a diminuição da condutividade hidráulica do solo saturado (tabela 2) à elevada quantidade de argila dispersa em água.

Na tabela, observa-se que o fluxo de sedimentos para a bacia e pré bacia é suficiente para alterar o comportamento das propriedades físicas diretamente relacionadas à dinâmica de infiltração, seja na bacia, seja na pré bacia. O principal fator que corrobora para dinâmica de infiltração foi a diminuição da condutividade hidráulica e foi comparada à condutividade hidráulica de $159,8\text{ mm h}^{-1}$ na área de pastagem adjacente. Portanto, não houve diferença significativa.

Além disso, o papel das bacias de retenção é fornecer condições para controlar a perda de material e captar água que foi escoada devido à baixa permeabilidade da estrada (Souza e Domingues, 2017). Com a deposição de finos, no fundo da bacia ocorre o selamento, dificultando a condutividade hidráulica e, portanto, maior teor de umidade. Nos indicadores da qualidade do solo desta pesquisa foi encontrado o padrão de variabilidade característico.

Para a análise da microtomografia foram utilizados dados das pré bacias 5, 7, 12, 13. Identificar o comportamento da porosidade referente ao fluxo de água e sedimentos e a forma de depósito indicam a influência na diminuição da condutividade hidráulica até o selamento da pré bacia.

Nas pré bacias foram estabelecidos os critério de retirada das amostras. A letra A significa a posição central da pré bacia. A letra B representa a parte intermediária da bacia e a letra C representa a borda da bacia onde ainda há depósito de sedimentos. Essas posições foram

tomadas para averiguar as diferenças de depósito de sedimentos na posição. Quanto a estatística dos atributos físicos em geral, não houve diferenças tantas diferenças significativas. Entretanto fica a dúvida quanto a distribuição das porosidades em relação a profundidade e como é o comportamento do selamento, uma vez que não houve selamento completo no permeâmetro. Assim, foram escolhidos pontos aleatório das pré bacias para verificar esse comportamento.

Em todas as análises é retirado o efeito de borda ou áreas que não apresentam continuidade, para não influenciar nos resultados. O tubo de PVC que contém o solo tem dimensões de 20 mm de diâmetro e 25 mm de altura. Os resultados da análise da microtomografia são informados considerado a base do tubo como inicial.

Na Figura 8, o ponto para análise está a 12,075 mm da base e está posicionado em uma camada de selamento ou extratificação, uma vez que a cor mais escura tem menor porosidade. Neste ponto a porosidade total foi de 22,83%. A continuidade de poros, expresso pela cor mais clara representa a subdivisão da camada de selamento para o início de outra.

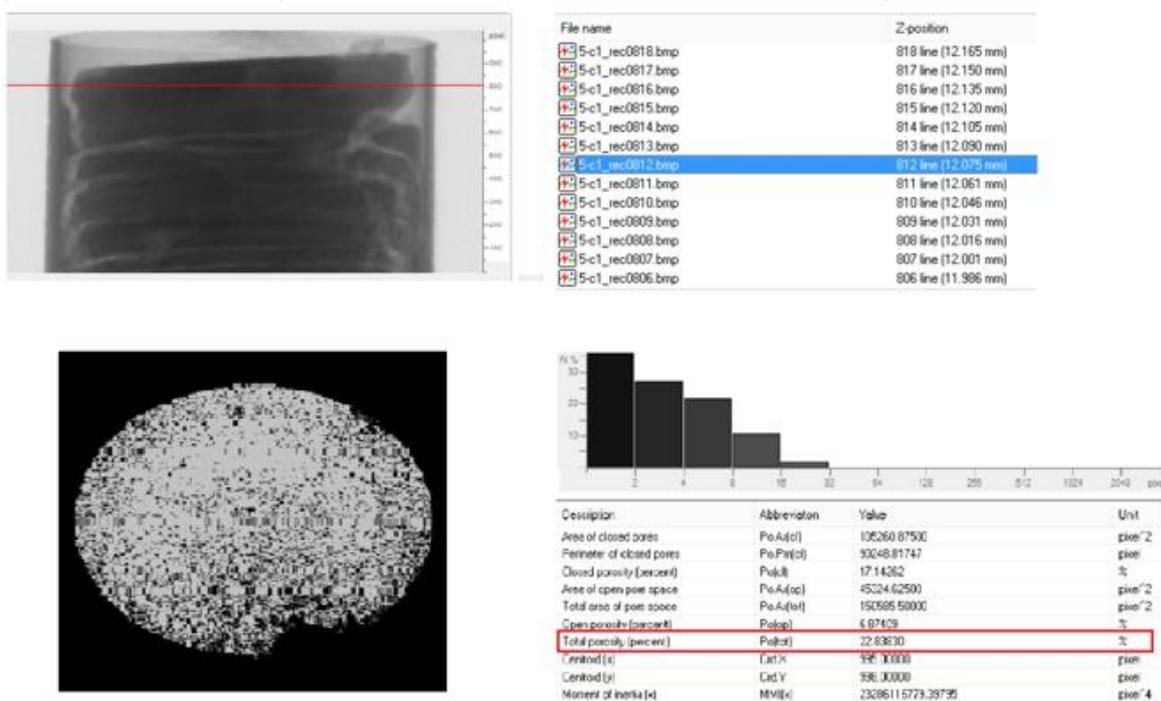


Figura 8. Resultado da Pré Bacia 5, local C1, no ponto de cota 12,075mm. (Fonte: O autor, 2017)

Na Figura 9, o ponto para análise está a 8,774 mm da base e está posicionado em uma camada de descontinuidade dos poros com uma cor mais clara e representa uma porosidade total de 39,66%.

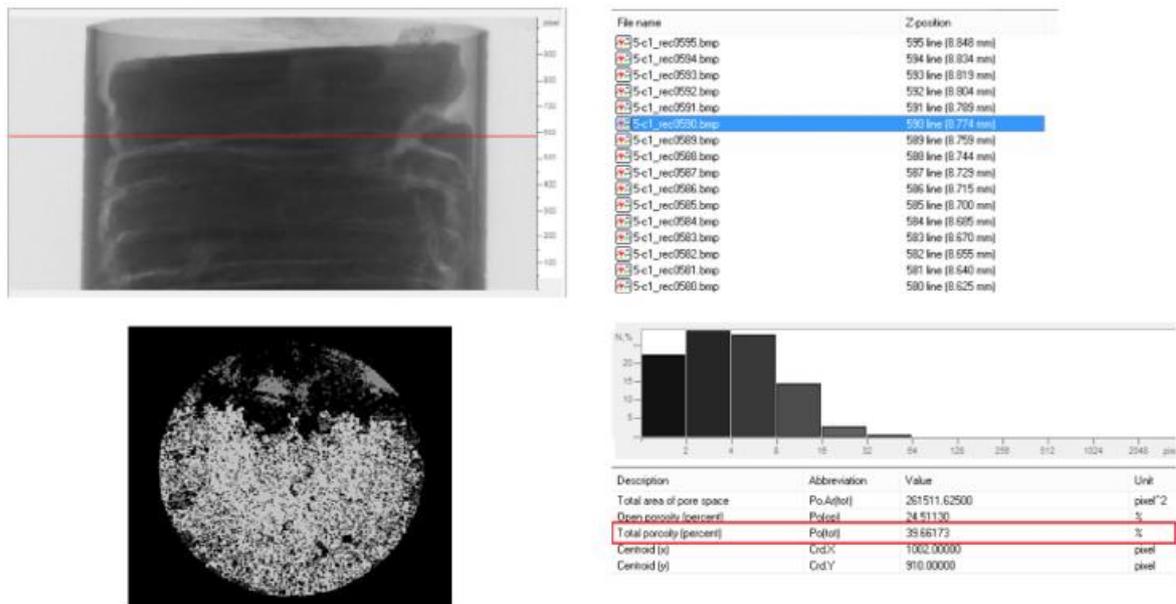


Figura 9. Resultado da Pré Bacia 5 no ponto de cota 8,774mm. (Fonte: O autor, 2017)

Na Figura 10 é possível observar a descontinuidade da porosidade. Isso mostra que as camadas de selamento vão acontecendo de acordo com intensidade da chuva, seja pela duração, seja pela frequência, que levam mais ou menos o fluxo de resíduos para dentro da pré bacia.

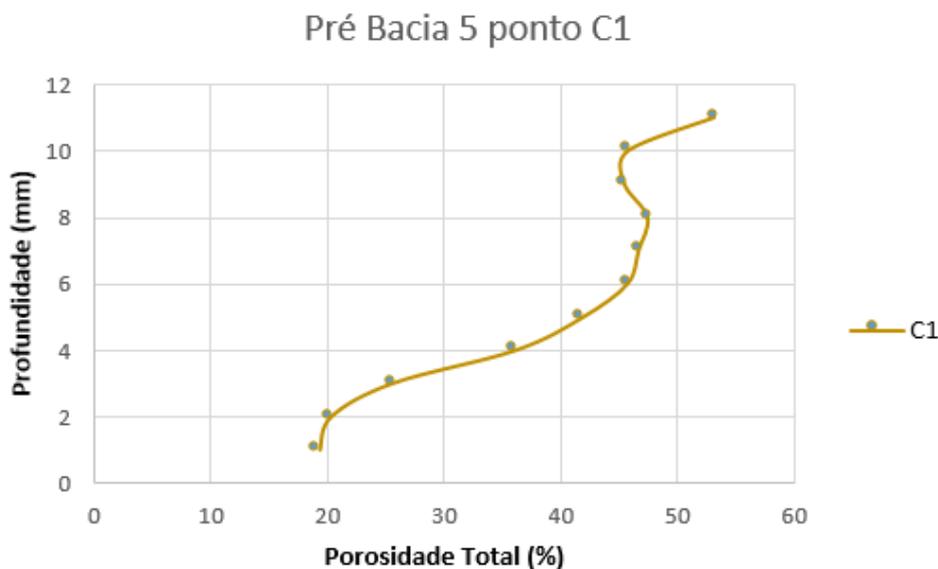


Figura 10. Ponto C1 da Pré Bacia 5

Na Figura 11, o ponto para análise está a 11,466 mm da base e está posicionado em uma camada de continuidade dos poros com uma cor mais clara e representa uma porosidade total de 62,061%.

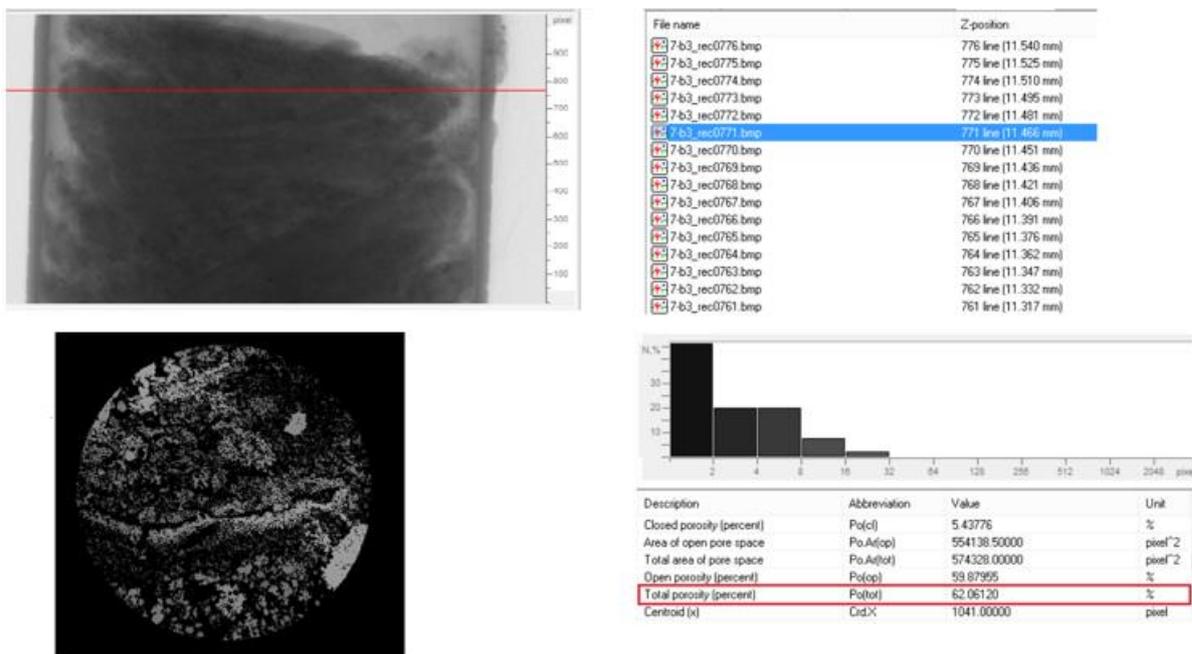


Figura 11. Resultado da Pré Bacia 7, local B3, no ponto de cota 11,466 mm (fonte: autor, 2017)

Na Figura 12, o ponto para análise está a 0,625 mm da base e está posicionado em uma camada de selamento ou extratificação mais homogêneo, uma vez que a cor mais escura tem menor porosidade. Neste ponto a porosidade total foi de 39,988%. A descontinuidade de poros e a heterogeneidade da deposição dos resíduos pode ser observada, comparado com a figura x-1. Isso expressa o comportamento descontínuo da porosidade total com a profundidade do solo.

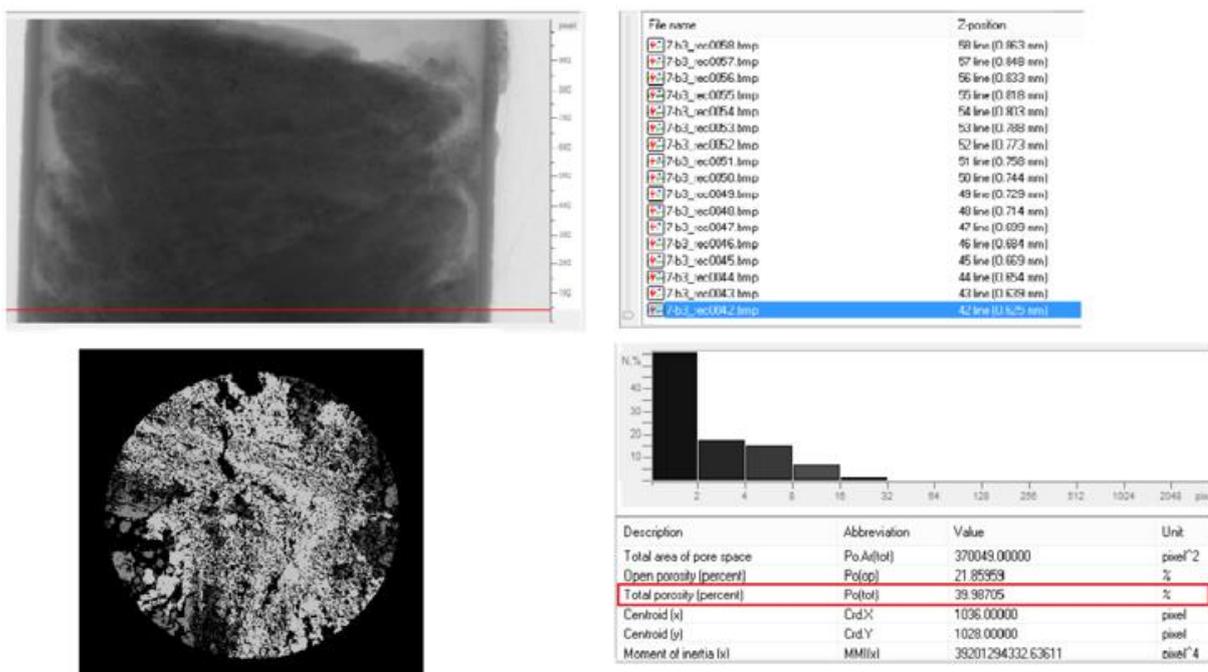


Figura 12. Resultado da Pré Bacia 7, local B3, no ponto de cota 0,625 mm. (Fonte: O autor, 2017)

Na Figura 13 é possível observar, que apesar da descontinuidade da porosidade total e a variabilidade com a profundidade, os valores da porosidade total ficam, na média, acima de 50%. Considerando que todas as bacias tiveram a mesma intensidade de chuvas, isso indica que essa pré bacia tem uma tendência de comportamento a não selar rapidamente, mantendo o fluxo de infiltração por mais tempo.

Na Figura 14, o ponto para análise está a 7,644 mm da base e está posicionado em uma camada de selamento ou extratificação mais homogênea, uma vez que a cor mais escura tem maior porosidade. Neste ponto a porosidade total foi de 16,469%. A descontinuidade de poros e a heterogeneidade da deposição dos resíduos pode ser observada, comparado com a figura x-1. Isso expressa que a altura da camada de selamento varia de acordo com o fluxo de resíduos.

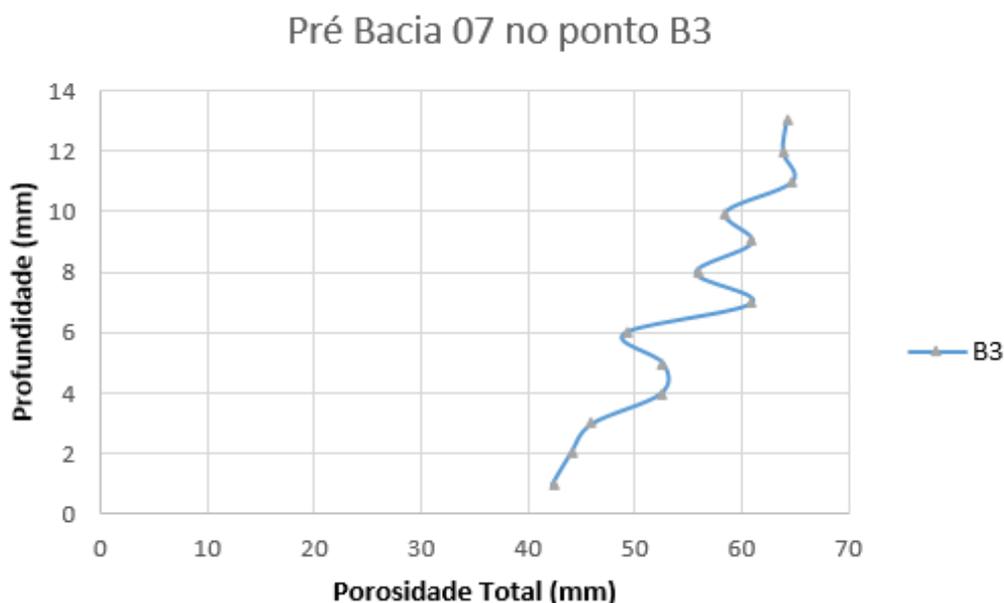


Figura 13. Ponto B3 da Pré Bacia 7

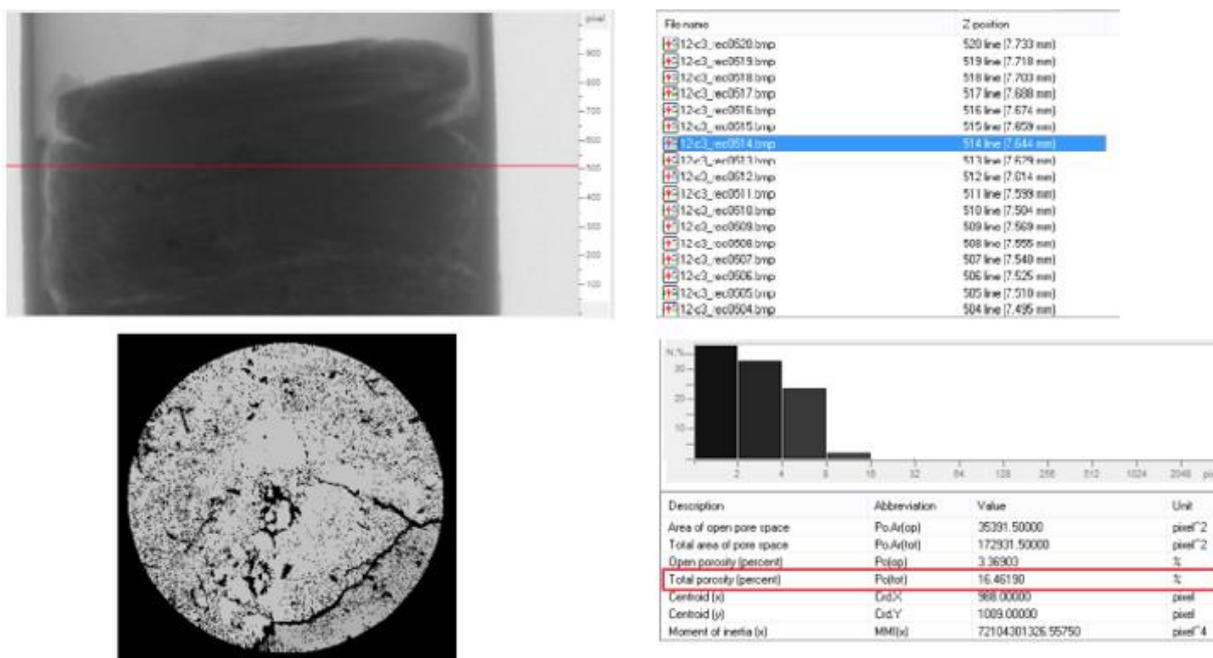


Figura 14. Resultado da Pré Bacia 12, local C3, no ponto de cota 7,644 mm. (Fonte: O autor, 2017)

Na Figura 15, o ponto para análise está a 1,115 mm da base e está posicionado em uma camada de descontinuidade dos poros com uma cor mais clara e representa uma porosidade total de 30,302%.

De forma equivalente, na Figura 16 é possível observar, que apesar da descontinuidade da porosidade total e a variabilidade com a profundidade, os valores da porosidade total ficam, na média, acima de 50%. Considerando que todas as bacias tiveram a mesma intensidade de chuvas, isso indica que essa pré bacia tem uma tendência de comportamento a não selar rapidamente, mantendo o fluxo de infiltração por mais tempo.

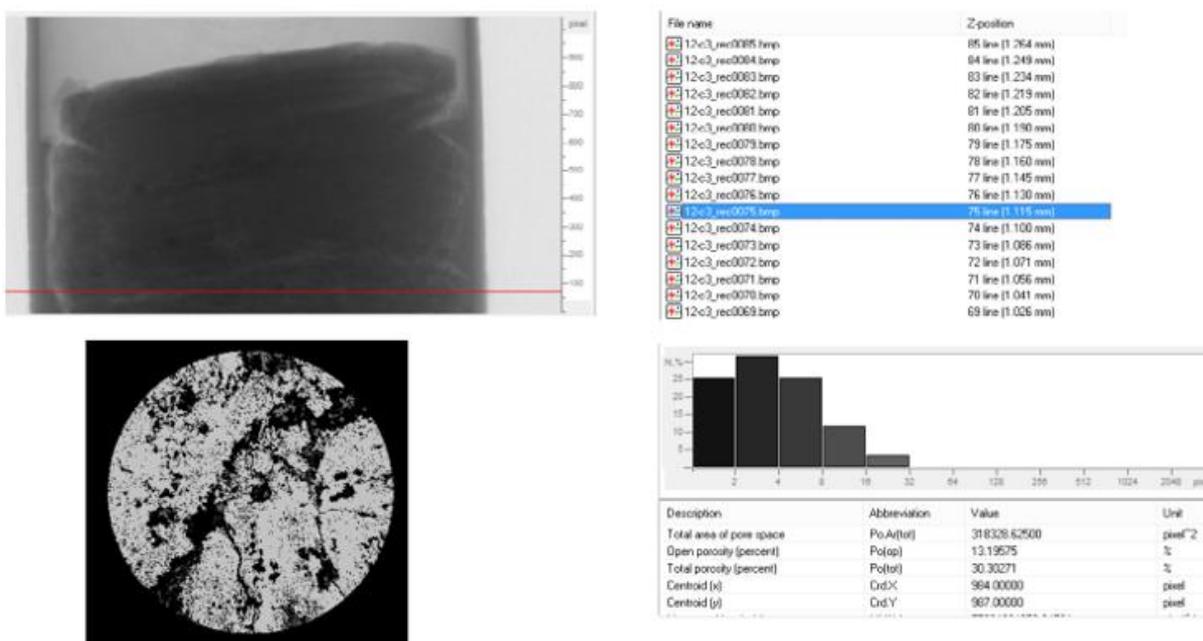


Figura 15. Resultado da Pré Bacia 12, local C3, no ponto de cota 1, 115 mm. (Fonte: O autor, 2017)

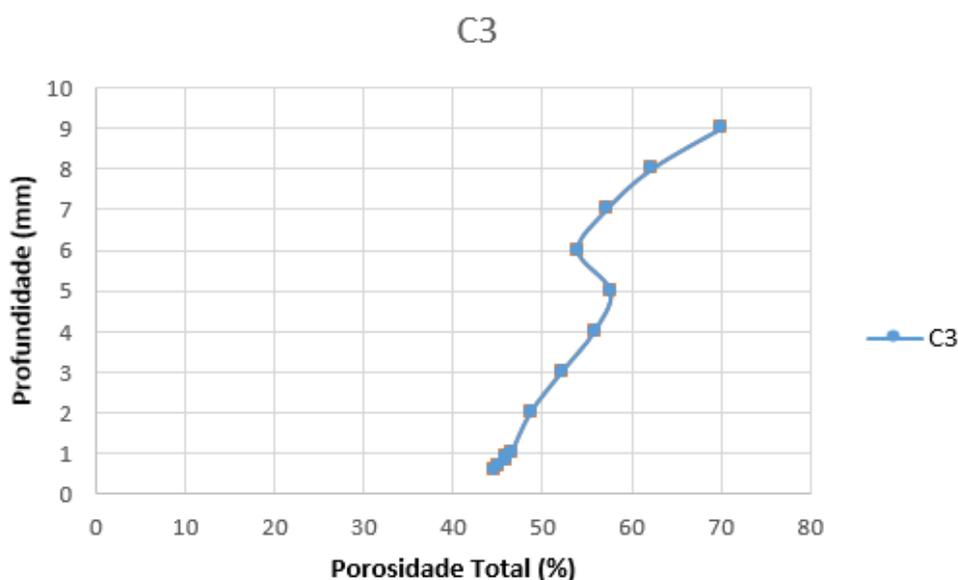


Figura 16. Ponto C3 da Pré Bacia 12

Na Figura 17, o ponto para análise está a 6,782 mm da base e está posicionado em uma camada de descontinuidade dos poros com uma cor mais clara e representa uma porosidade total de 52,163%.

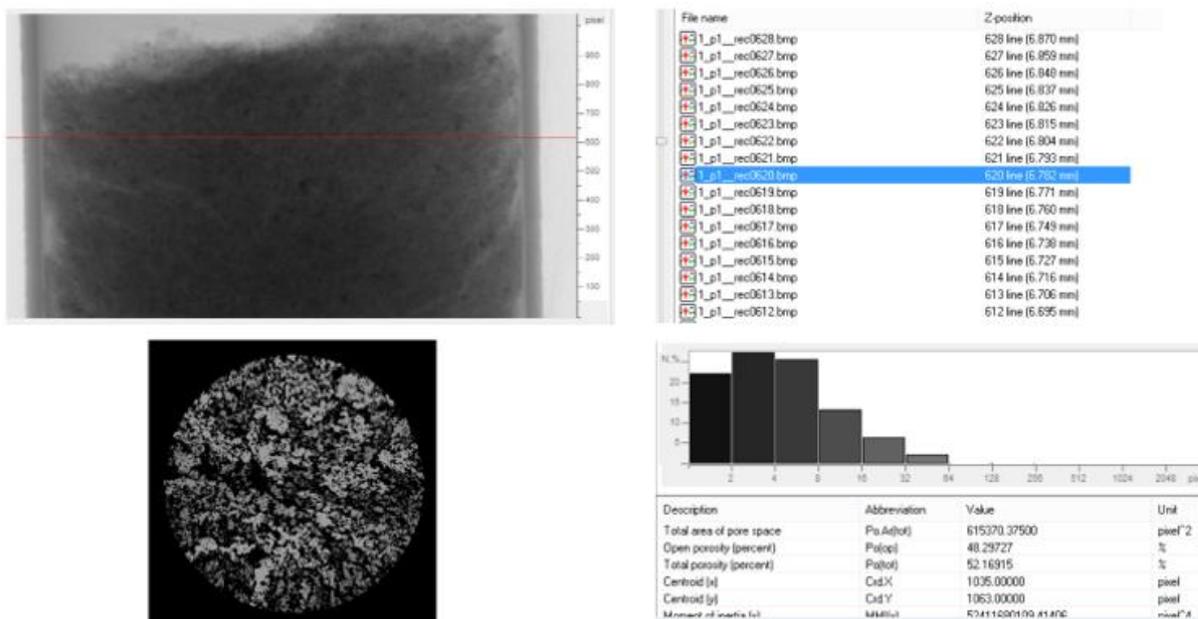


Figura 17. Resultado da Pré Bacia 13, local P1 equivale ao A1, no ponto de cota 6,782 mm. (Fonte: O autor, 2017)

Na Figura 18, o ponto para análise está a 1,510 mm da base e está posicionado em uma camada mais homogêneo, mas não identifica como uma camada de selamento completo, apesar da cor mais escura e ter menor porosidade. Neste ponto a porosidade total foi de 32,437%. A descontinuidade de poros e a heterogeneidade da deposição dos resíduos pode ser observada. Isso expressa que o comportamento da pré bacia, mesmo equivalente, possuem variabilidade, em função de deposição sedimentos e heterogeneidade nas posições de análise.

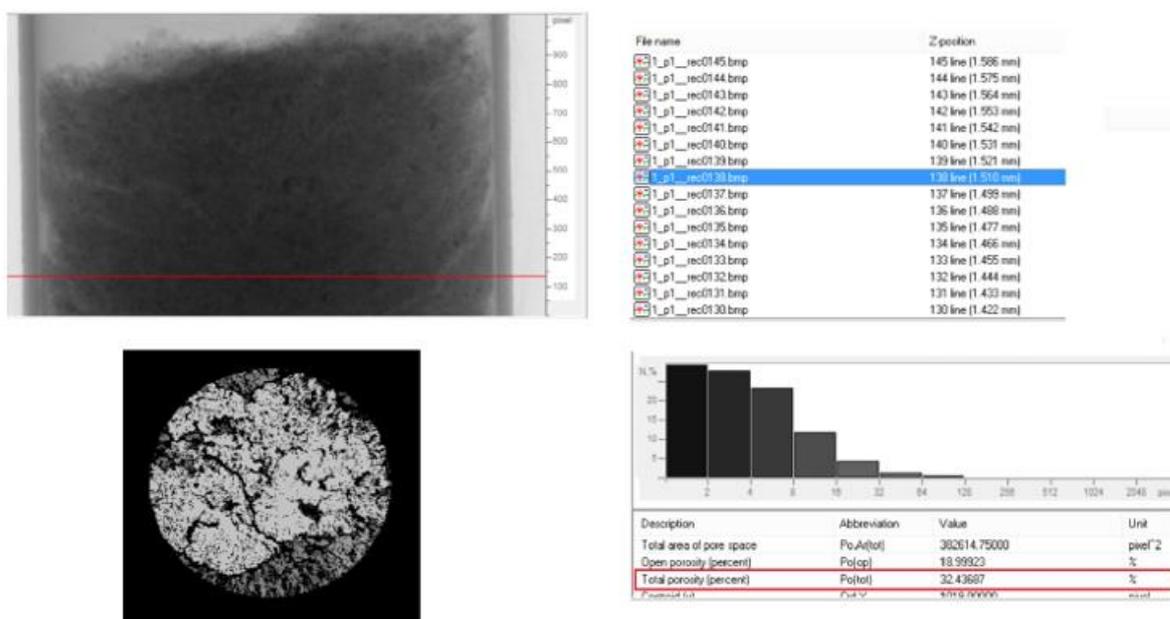


Figura 18. Resultado da Pré Bacia 13, local P1 equivale a A1, no ponto de cota 1,510 mm. (Fonte: O autor, 2017)

CONCLUSÃO

A relação textural apresentou-se como um forte indicador de alterações na paisagem e da estabilidade de solo nas estradas e depósitos de sedimentos nas bacias.

As bacias de retenção de sedimentos, mesmo sem a presença de vegetação, foram eficientes em diminuir os processos erosivos em estradas não vicinais.

As bacias de retenção não vegetadas se apresentaram eficientes na captação de água de chuva.

Bacias com canal sem vegetação, apresentam selamento ou incapacidade de infiltração mais rapidamente que os demais.

Canais vegetados por grama Batatais (*Paspalum notatum*) apresentam melhor desempenho em relação a bacia com canal sem vegetação.

O fluxo de sedimentos tem restrição com o uso de grama Batatais (*Paspalum notatum*), diminui a velocidade e acumula sedimentos mais pesados ao longo do canal e permite a dispersão de sedimentos leves na água cheguem à bacia de retenção.

Entre os tratamentos analisados o com pré bacia e canal vegetado possui melhor desempenho comparando todas as combinações.

Através dos resultados da microtomografia que mostra que o processo de selamento não acontece somente na superfície, como realizado e proposto no módulo de Permeâmetro de Carga Constante. São sucessivas camadas ou estratificações de selamento, que depende da intensidade, duração e frequência da chuva. O acúmulo dessas camadas vai consolidar o selamento total ou a incapacidade de infiltração da bacia.

A microtomografia ainda registra a variação na profundidade da porosidade total. Isso demonstra que o depósito de sedimentos acontece de forma heterogênea tanto na pré bacia como na bacia e corroboram para o aparecimento das camadas de selamento.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. As.; SUZUKI, L. E. A. S. 2007. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 617-625.

ALVES, Ludmila Loures; De OLIVEIRA, Ricardo Fonseca. 2021. Avaliação da necessidade de readequação de estradas rurais: estudo de caso em estrada não pavimentada no município de Monte Carmelo/MG. **Revista GeTeC**, v. 10, n. 30.

ARATANI, R.G.; FREDDI, O.S., CENTURION, J.F. 2009. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:677-687.

BENÍCIO, L.P.F., NASCIMENTO, D.S., MELO, J.P.P. 2021. Densidade e porosidade de um plintossolo háptico submetido a diferentes tipos de uso. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas-TO, v. 7.

BLAINSKI, E. et al. 2008. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 975-983.

BRASIL NETO, A. B., dos SANTOS, C. R. C., NORONHA, N. C., GAMA, M. A. P., CARVALHO, E. J. M., SILVA, A. R., & de Souza, P. Í. A. 2018. Matéria Orgânica E Atributos Físico-Hídricos De Um Latossolo Sob Diferentes Sistemas De Manejo. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 147-164.

CABRAL, J.B.P. 2005. Estudo do processo de assoreamento em reservatórios. **Caminhos de Geografia – revista on line**. v. 6, n. 14, p. 62-69, Fev.

CASAROLI, Derblai et al. 2018. Padrões de Chuva e de Evapotranspiração em Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 247-256.

COSTA, C.D.O.; ALVES, M.C.; SILVA, H.R.; SOUSA, A.P.; GONZÁLEZ, A.P.; AVALOS, J.M.M. 2015. Produção e deposição de sedimentos em uma sub-bacia hidrográfica localizada no Estado de Mato Grosso do Sul. **Anais XVII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** – SBSR, João Pessoa – PB, Brasil.

DORNELES, Jonatan Iago et al. 2019. Avaliação de diferentes cenários na produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica amazônica. **Gaia Scientia**, v. 13, n. 4.

EMBRAPA. 2011. Documentos, 132. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 revisada ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230 p.

FAGUNDES, Marla Oliveira et al. 2019. Qualidade de um latossolo sob plantio convencional e sistema plantio direto no cerrado baiano, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, V. 10, N. 3, P. 281-297.

FREITAS, L., de OLIVEIRA, I. A., SILVA, L. S., FRARE, J. C. V., FILLA, V. A., & Gomes, R. P. 2017. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, v. 26, n. 1-2.

GOMES, Fátima; SANTOS, Rafael; GUARIZ, Hugo. 2019. Levantamento de propriedades de densidade aparente, densidade de partículas e porosidade total em latossolos amarelo. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 12.

GONÇALO FILHO, F., NETO, M. F., dos SANTOS FERNANDES, C., da SILVA DIAS, N., da CUNHA, R. R., & de OLIVEIRA MESQUITA, F. 2018. Efeitos do manejo sustentável da Caatinga sob os atributos físicos do solo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 38.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, v.4, p.1-9.

HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. 2005. Soil compactation in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.82, p. 121-145.

LUIZ, Gislaíne Cristina; ROMÃO, P. A. 2019 Interação solo-atmosfera e processos de inundação e alagamentos na cidade de Goiânia-GO. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 05, p. 1891-1903.

MANGIERI, Vanessa Lasaro; TAVARES, João. 2019. Avaliação de matéria orgânica, densidade e porosidade do latossolo vermelho em contato com lixiviado de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, p. 1251-1258.

MESQUITA, G. M.; SANTOS, F. C. V.; DORES, A. L.; CORRECHEL, V. 2022. Spatial variability of hydraulic conductivity of saturated soil in conservation unit. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 9, p. 6532-6535.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G.; ROSOLEM, Ciro Antonio. 2001. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 25, n. 3, p. 531-538. <http://hdl.handle.net/11449/114595>.

NUNES, F.G.; FIORI, A.P.; FIRPO, G. 2011. Estimativa de coeficientes de escoamento superficial na bacia hidrográfica do Rio Atuba: Curitiba e região metropolitana – Paraná/ Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 64, n. 65, p. 27-39.

PESSOTTO, P. P., da SILVA, V. R., ORTIGARA, C., KOPPE, E., STROJAKI, T., & Santi, A. L. 2016. Influência de diferentes plantas de cobertura nas propriedades físicas de um latossolo vermelho. **Agrarian**, v. 9, n. 34, 348-356.

REINERT, D. J.; REICHERT, R. M. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria, UFSM, 18 p., 2006.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. 2007. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5ª ed. rev. Lavras: Editora UFLA, 322 p.

ROCHA, Rodrigo Esteves et al. 2019. Variações espaciais na condutividade hidráulica do solo em área de recarga do Sistema Aquífero Guarani. **Revista do Instituto Geológico**, v. 40, n. 2, p. 35-51.

RODRIGUES, J.O.; ANDRADE, E.M. PALÁCIO, H.A.Q.; MENDONÇA, L.A.R.; Dos SANTOS, J.C.N. 2013. Sediment loss in semiarid small watershed due to the land, **Rev. Ciênc. Agron**. v. 44, n. 3, p. 488-498, jul-set, Fortaleza.

ROFFE, T.G. 2012. Dinâmica da produção de sedimentos devido a mudanças no uso da terra: estudo de caso da bacia de Chambas, Província Ciego de Ávila, Cuba. **Tese de Doutorado**, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Instituto de Geociências.

SÁ, M.A.C.; SANTOS JÚNIOR, J.D.G. 2005. **Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal**. Documentos 136, Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 26p.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. 2005. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: SBCS, 92 p.

SIBCS - EMBRAPA. 2013. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2013. 306 p.: il.

SILVA, I.A.C. et al. Estoque de carbono, densidade, porosidade e nematofauna do solo em áreas com e sem aplicação de vinhaça. Irriga, Botucatu, Edição Especial – **Inovagri**, v. 1, n. 4, p. 765-773, dezembro, 2021.

SILVA, Bruce Kelly da Nobrega et al. 2020. Avaliação de Extremos de Erosividade Causados pela Precipitação na Bacia do Rio Apodi/Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 871-879.

SILVA, G. S.; SILVA, J. S.; PEREIRA, F. A. C.; SANTANA, R. A.; FIRMO, R. S.; LOPES SOBRINHO, O. P. 2019. Spatial variability of the saturated hydraulic conductivity of soil in Cocoa Farming in Recôncavo Baiano. **Rev. Caatinga**, v. 32, n. 3.

SILVEIRA, Ana Paula Pereira da. 2022. **Solos e recursos hídricos**. Editora Senac São Paulo.

SILVEIRA, D.C.; MELHO FILHO, J.F.; SACRAMENTO, J.A.A.S.; SILVEIRA, E.C.P. 2010. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 659-667.

SOUZA, E.R.; DOMINGUES, J.F.N. 2017. **Bacias de Captação de enxurradas**. Emater – MG, 4p.
http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/MATERIAL_TECNICO/baciascapta%C3%A7%C3%A3oenxurradas.pdf.

SOUZA, Henrique Antunes De; LEITE, Luiz Fernando Carvalho; MEDEIROS, João Carlos. 2021. **Solos sustentáveis para a agricultura no Nordeste**. Embrapa Meio-Norte-Livro científico (Alice).

TEZOLIN, T.A. 2021. Atributos físicos do solo em diferentes sistemas de produção agropecuária. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1.

TRIOLA, M. F. 2005. **Introdução à estatística** (9a ed.). Rio de Janeiro: LTC.

Revista UniAraguaia