

Nayara Guetten Ribaski
Organizadora

INOVAÇÕES VOLTADAS PARA AS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Vol. 02

São José dos Pinhais
BRAZILIAN JOURNALS PUBLICAÇÕES DE PERIÓDICOS E EDITORA
2024



Nayara Guetten Ribaski
Organizadora



Inovações voltadas para as ciências agrárias

Vol. 02

Brazilian Journals Editora
2024

2024 by **Brazilian Journals Editora**
Copyright © Brazilian Journals Editora
Copyright do Texto © 2024 Os Autores
Copyright da Edição © 2024 Brazilian Journals Editora
Diagramação: Lorena Fernandes Simoni
Edição de Arte: Lorena Fernandes Simoni
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial:

Ciências Agrárias

Prof^{fa}. Dr^a. Fátima Cibele Soares – Universidade Federal do Pampa, Brasil
Prof. Dr. Gilson Silva Filho – Centro Universitário São Camilo, Brasil
Prof. Msc. Júlio Nonato Silva Nascimento – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil
Prof. Caio Henrique Ungarato Fiorese – Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Ana Lúcia Tonani Tolfo – Centro Universitário de Rio Preto, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Celeide Pereira – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Prof. Dr. Rafael de Almeida Schiavon – Universidade Estadual de Maringá, Brasil
Prof. Dr. João Tomaz da Silva Borges – Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brasil

Ciências da Saúde

Prof^{fa}. Dr^a. Juliana Barbosa de Faria – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof^{fa}. Msc. Marília Emanuela Ferreira de Jesus – Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Rejane Marie Barbosa Davim – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil
Prof. Msc. Salvador Viana Gomes Junior – Universidade Potiguar, Brasil
Prof. Dr. Caio Marcio Barros de Oliveira – Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof. Msc. Alceu de Oliveira Toledo Júnior – Universidade estadual de Ponta Grossa, Brasil
Prof^{fa}. Msc. Michelle Freitas de Souza – Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Esp. Haroldo Wilson da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil
Prof^{fa}. Msc. Eulália Cristina Costa de Carvalho – Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Gabrielle de Souza Rocha – Universidade Federal Fluminense, Brasil

Ciências Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Orlando Ramos do Nascimento Júnior – Universidade Estadual de Alagoas, Brasil
Prof. Dr. José Arilson de Souza – Universidade Federal de Rondônia, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Silvana Saionara Gollo – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Brasil
Prof. Msc. Fabiano Roberto Santos de Lima – Centro Universitário Geraldo di Biase, Brasil
Prof. Dr. Helder Antônio da Silva – Instituto Federal de Educação do Sudeste de Minas Gerais, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Adriana Estela Sanjuan Montebello – Universidade Federal de São Carlos, Brasil
Prof^{fa}. Msc. Juliane de Almeida Lira – Faculdade de Itaituba, Brasil
Prof. Dr. Artur José Pires Veiga – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Brasil



Ano 2024

Ciências Humanas

Prof^{fa}. Dr^a. Angela Maria Pires Caniato – Universidade Estadual de Maringá, Brasil
Prof^{fa}. Msc. Maria Elena Nascimento de Lima – Universidade do Estado do Pará, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Mariza Ferreira da Silva – Universidade Federal do Paraná, Brasil
Prof. Msc. Daniel Molina Botache – Universidad del Tolima, Colômbia
Prof. Dr. Jadson Justi – Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Alexandra Ferronato Beatrice – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Carolina de Castro Nadaf Leal – Universidade Estácio de Sá, Brasil
Prof. Dr. André Luís Ribeiro Lacerda – Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil
Prof. Dr. Luiz Antonio Souza de Araujo – Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Adelcio Machado – Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, Brasil
Prof. Dr. Alecson Milton Almeida dos Santos – Instituto Federal Farroupilha, Brasil
Prof^{fa}. Msc. Sandra Canal – Faculdade da Região Serrana, Brasil

Engenharias

Prof^{fa}. Dr^a. Genira Carneiro de Araujo – Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Armando Carlos de Pina Filho – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Edmilson Cesar Bortoletto – Universidade Estadual de Maringá, Brasil
Prof. Dr. Richard Silva Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul Rio Grandense, Brasil
Prof^{fa}. Msc. Scheila Daiana Severo Hollveg – Universidade Franciscana, Brasil
Prof. Dr. José Alberto Yemal – Universidade Paulista, Brasil
Prof^{fa}. Msc. Onofre Vargas Júnior – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil
Prof. Dr. Paulo Henrique de Miranda Montenegro – Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof. Dr. Claudinei de Souza Guimarães – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Christiane Saraiva Ogrodowski – Universidade Federal do Rio Grande, Brasil
Prof. Dr. Eduardo Dória Silva – Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Ercilia de Stefano – Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Consuelo Salvaterra Magalhães – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Djanavia Azevêdo da Luz – Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof. Dr. Carlos Alberto Mendes Moraes – Universidade do Vale do Rio do Sino, Brasil
Prof^{fa}. Msc. Alicia Ravelo Garcia – Universidad Autónoma de Baja California, México

Ciências Biológicas

Prof^{fa}. Dr^a. Caroline Gomes Mâcedo – Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Jane Marlei Boeira – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil
Prof^{fa}. Msc. Alexandra da Rocha Gomes – Centro Universitário Unifacvest, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. María Leticia Arena Ortiz – Universidad Nacional Autónoma de México, México

Ciências Exatas e da Terra

Prof. Dr. Dilson Henrique Ramos Evangelista – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil
Prof. Msc. Raphael Magalhães Hoed – Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Brasil
Prof^{fa}. Dr^a. Joseina Moutinho Tavares – Instituto Federal da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Márcio Roberto Rocha Ribeiro – Universidade Federal de Catalão, Brasil
Prof. Dr. Marco Aurélio Pereira Buzinaro, Instituto Federal de Sergipe (IFS), Brasil

Linguística, Letras e Artes

Prof. Dr. Wagner Corsino Enedino – Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil



Ano 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R482i Ribaski, Nayara Guetten

Inovações voltadas para as ciências agrárias / Nayara Guetten Ribaski. São José dos Pinhais: Editora Brazilian Journals, 2024. Vol.02. 65p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui: Bibliografia

ISBN: 978-65-6016-053-8

1. Agronomia. 2. Sustentabilidade.

Brazilian Journals Editora
São José dos Pinhais – Paraná – Brasil
www.brazilianjournals.com.br
editora@brazilianjournals.com.br



Ano 2024

APRESENTAÇÃO

O livro "Inovações Voltadas para as Ciências Agrárias Vol. 02" dá continuidade a uma série dedicada a explorar e divulgar os recentes avanços e práticas inovadoras no campo das ciências agrárias. Dentro desta edição, você encontrará uma coleção de artigos e estudos elaborados por especialistas e pesquisadores, obras cuidadosamente selecionadas e preparadas para proporcionar uma visão abrangente e atualizada das tendências, tecnologias e metodologias que estão revolucionando a agricultura e suas disciplinas correlatas.

Ao longo do livro, os leitores encontrarão discussões aprofundadas sobre tecnologias de precisão, que introduzem novas ferramentas e técnicas para gestão eficiente das culturas e dos recursos naturais. O tema das ciências agrárias relaciona sustentabilidade, preservação dos ecossistemas e práticas inovadoras que promovem uma agricultura mais sustentável.

Convidamos todos os profissionais, pesquisadores, estudantes e interessados na área das ciências agrárias a mergulharem nesta leitura enriquecedora. Este livro é uma oportunidade para o crescimento e desenvolvimento no campo das ciências agrárias. Aproveite esta obra para expandir seus conhecimentos e inspirar-se com as novas perspectivas apresentadas.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SOFTWARE MULTIPLATAFORMA PARA A SIMULAÇÃO DA FUSÃO DE DADOS DE MÚLTIPLOS SENSORES PARA APLICAÇÃO DE N EM TAXA VARIÁVEL EM SISTEMAS EMBARCADOS	
Pedro Paulo da Cunha Machado	
DOI: 10.35587/brj.ed.978-65-6016-053-8_1	
CAPÍTULO 2	14
SOFTWARE PARA COMPUTADORES LINUX E WINDOWS COM APLICAÇÃO AO CONTROLE AMBIENTE DE TEMPERATURA E LUMINOSIDADE UTILIZANDO O MICROCONTROLADOR PIC NUMA REDE CAN	
Pedro Paulo da Cunha Machado	
DOI: 10.35587/brj.ed.978-65-6016-053-8_2	
CAPÍTULO 3	37
AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ESPERMÁTICA DO SÊMEN EQUINO RESFRIADO A 5°C POR 36 HORAS DE GARANHÕES ALOJADOS NO MUNICÍPIO DE ROLIM DE MOURA – RONDÔNIA – RO	
Aline Karolayne Ferreira Valim	
Denise Bino Correa	
Igor Mansur Muniz	
Fernando do Carmo Silva	
DOI: 10.35587/brj.ed.978-65-6016-053-8_3	
CAPÍTULO 4	54
INFLUENCE OF PURIFICATION TECHNIQUES WITH HYDROCHLORIC ACID AND AUTOCLAVE ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF SAND IN AGRICULTURAL EXPERIMENTS	
Oscar Fontão de Lima Filho	
DOI: 10.35587/brj.ed.978-65-6016-053-8_4	
CAPÍTULO 5	75
UTILIZAÇÃO DO AZOSPIRILLUM BRASILENSE NA PRODUÇÃO DE CAPIM SUDÃO	
Gustavo Kruger Gonçalves	
Angelica Maria Gambin	
Leonardo de Melo Menezes	
Daiana Ribeiro Nunes Gonçalves	
Paulo Elias Borges Rodrigues	
Marco Aurélio Torres Rodrigues	
Rodrigo de Moraes Galarza	
Ruben Fernando de Lara	
Ticiane Frônçois Magalhães	
João Carlos Coelho Junior	
DOI: 10.35587/brj.ed.978-65-6016-053-8_5	
CAPÍTULO 6	88
LEVANTAMENTO DO RISCO DE OCORRÊNCIA DA TOXIDEZ DE FERRO EM ARROZ IRRIGADO EM SANTANA DO LIVRAMENTO, RS	
Gustavo Kruger Gonçalves	
Rui Carlos Santos da Cunha	
Rodrigo de Moraes Galarza	
Lafayette Xavier de Moraes Neto	
Paulo Elias Borges Rodrigues	
Caio Vinicius Sant`Ana de Souza	
Julia Otilia Zangrande	
Daniel Maia Baldissera	

Julimara Cavalleiro Pires
Dhiulyo Lopes Ferreira
DOI: 10.35587/brj.ed.978-65-6016-053-8_6

CAPÍTULO 798

COMPETITIVE INTELLIGENCE MATURITY LEVEL: A STUDY IN RONDONOPOLIS
AGRICULTURAL COMPANIES THAT HAVE CONTROLLERSHIP

Josemar Ribeiro de Oliveira
Leonel Cesar Rodrigues
Ramon Luiz Arenhardt
Sofia Ines Niveiros

DOI: 10.35587/brj.ed.978-65-6016-053-8_7

CAPÍTULO 8118

GENERACIÓN DE BIOENERGÍA CON HÍBRIDOS DE MAÍZ EN LA PROVINCIA DEL
CHACO. UN APOORTE AL DESARROLLO REGIONAL

Eduardo Hryczyński
Daniel Orlando Brachna
Claudia Elisabeth Díaz Yanevich
Walter Gustavo López
Cesar Nicolás Sánchez

DOI: 10.35587/brj.ed.978-65-6016-053-8_8

CAPÍTULO 1

SOFTWARE MULTIPLATAFORMA PARA A SIMULAÇÃO DA FUSÃO DE DADOS DE MÚLTIPLOS SENSORES PARA APLICAÇÃO DE N EM TAXA VARIÁVEL EM SISTEMAS EMBARCADOS

Pedro Paulo da Cunha Machado

PhD em Agronomia – Ciência do Solo

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ)

Endereço: Paracambi, Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: pedro.machado@ifrj.edu.br

RESUMO: A fusão de dados de múltiplos sensores é um processo que explora a informação que se origina da combinação de dados de várias fontes diferentes. Em agricultura de precisão, os dados são obtidos de sensores em tempo real simultaneamente com os dados históricos de mapas de produtividade agrícola, formando um sistema de controle preciso para aplicações móveis de adubação de N em taxa variável. Neste trabalho de simulação, foram usados dados originais obtidos em campo num plantio de trigo de inverno e combinados pela técnica da fusão de múltiplos sensores utilizando redes neurais artificiais. Para isso, foi desenvolvido um programa de computador no ambiente *open-source* Lazarus e linguagem de programação *Object Pascal*, obtendo-se resultados promissores para o uso dessa técnica em estudos de viabilidade num sistema de controle embarcado para a aplicação de N em taxa variável.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação; Redes neurais agricultura de precisão; Fusão de dados.

ABSTRACT: Multi-sensor data fusion is a process that exploits information that originates from combining data from several different sources. In precision farming, data is obtained from sensors in real time simultaneously with historical data from agricultural productivity maps, forming a precise control system for mobile variable-rate N fertilization applications. In this simulation work, original data obtained in the field from a winter wheat plantation was used and combined using the multisensor data fusion technique with artificial neural networks. To this end, a computer program was developed in the open-source Lazarus environment and Object Pascal programming language, obtaining promising results for the use of this technique in feasibility studies in an embedded control system for the application of N at a variable rate.

KEYWORDS: Perceptron; Neural networks; Precision farming; Data fusion.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Auernhammer (2001), na agricultura de precisão existem três tipos de metodologias empregadas no controle de processos aplicados aos sistemas móveis agrícolas para adubação em taxa variável. Eles são: sistemas de mapeamento; sistema de sensores e atuadores em tempo real; e a combinação dos dois sistemas de forma simultânea, que é a utilização de sensores em tempo real com o uso de referências dos dados históricos de mapas (Figura 1).

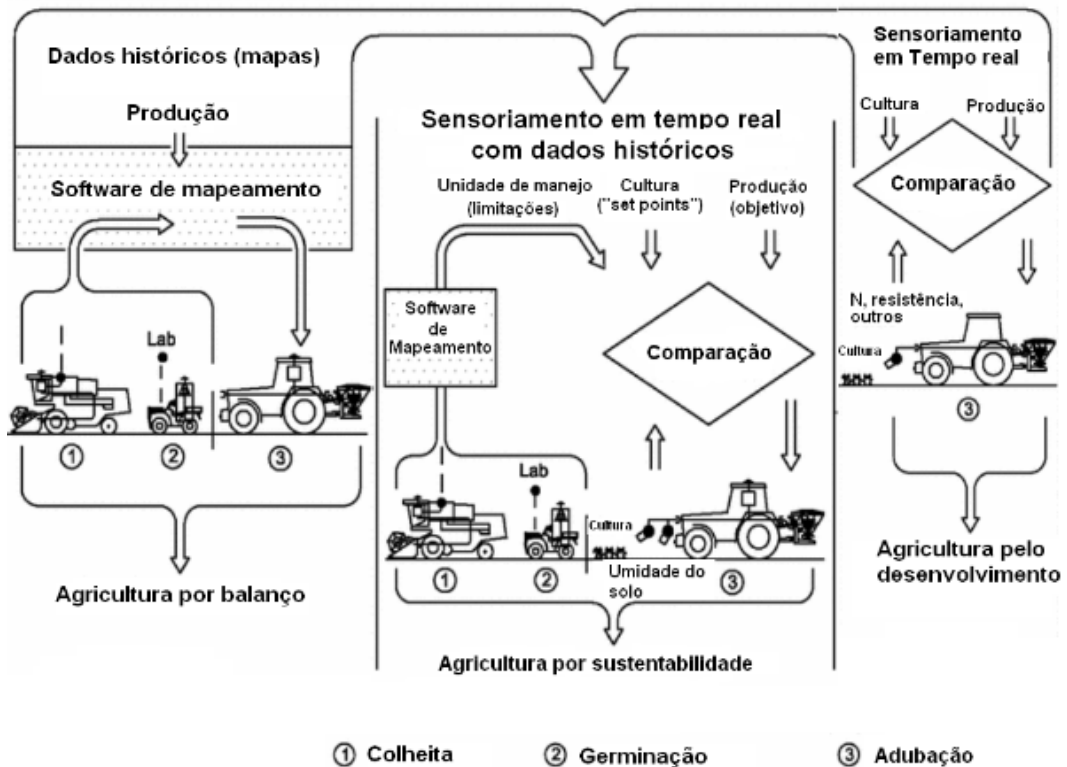
O GPS (*Global Positioning System*) é usado para a referência geográfica para os sistemas de mapeamento sendo os valores obtidos automaticamente ou manualmente. Baseados nestes valores, são gerados mapas com as informações localizadas de adubação, controle fitossanitário, semeadura ou irrigação. O sistema de sensoramento em tempo real não requer referência geográfica ao nível de *software* ou *hardware* para a criação e processamento de mapas. Os parâmetros requeridos são a aquisição de sinais de sensores em tempo real para tomadas de decisão e controle após comparação com valores pré-estabelecidos. As duas primeiras metodologias possuem desvantagens. Os valores obtidos com a utilização de mapas descrevem condições estáticas não apresentando uma informação completa do período de crescimento devido às mudanças climáticas. Como também, a análise exclusiva dos valores de um sensor não leva em consideração o conhecimento sobre o potencial produtivo e o estado de proteção ambiental de uma área específica. A terceira metodologia, que representa a combinação do sistema de sensoramento com o sistema de mapeamento permite corrigir as desvantagens das anteriores. Para a otimização econômica e ecológica entre a produção vegetal e o ambiente, são necessárias informações sobre todo o processo e suas entradas, isto é, dos dados dos mapas de variabilidade e das tecnologias de sensores para obtenção de dados em tempo real (Auernhammer et al., 2005).

De acordo com Steinberg e Bowman (2001), a fusão de dados é definida como o processo de combinar dados ou informações para estimar ou prever um determinado valor ou informação. Se pelo menos uma parte dos dados originar-se de um sensor, estaremos tratando de fusão de dados de múltiplos sensores. A combinação dos dados e até mesmo a ocorrência de certo grau de redundância normalmente resultam em uma melhoria dos resultados, na robustez e confiança do sistema.

Algoritmos alternativos segundo o modelo de fusão de dados proposto pela “*The Joint Directors of Laboratories (JDL) Data Fusion Working Group*”, JDL-Nível 2, o processamento e a avaliação da situação podem ser implementados de duas formas: de forma determinística baseados em fórmulas e regras ou de forma estocástica. Consequentemente, outros algoritmos como a programação procedural (“lookup-tables”), redes neurais artificiais ou métodos estatísticos, podem ser avaliados. Dependendo dos resultados, podem ser usados como algoritmos de fusão de dados e implementados num programa de computador para uso em um sistema de controle embarcado Figura 2, (Steinberg; Bowman, 2001).

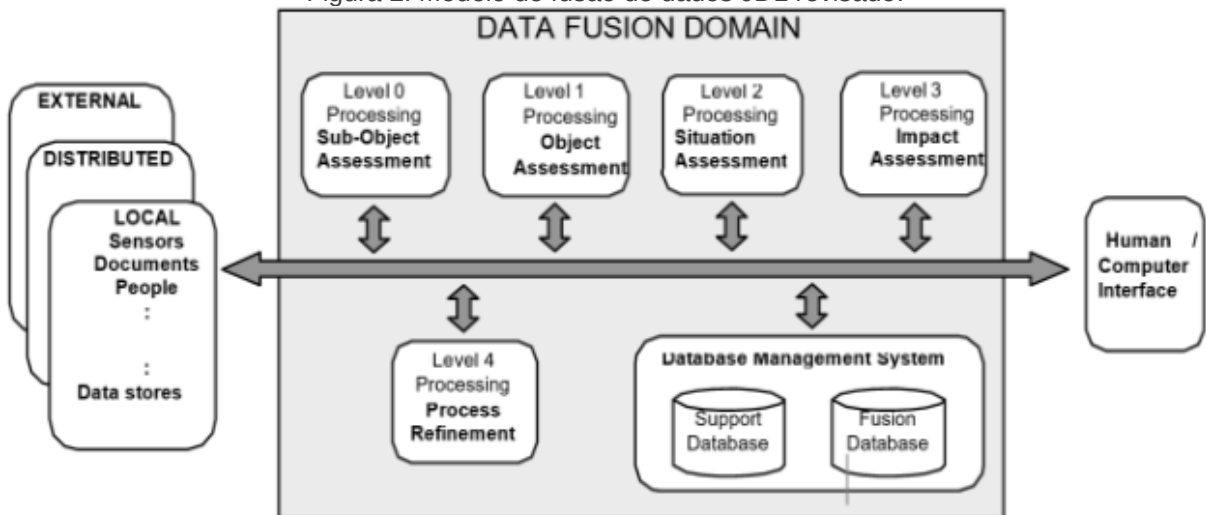
As redes neurais artificiais ou RNAs, surgem como uma nova metodologia para a solução de modelos não lineares. São usadas em muitas áreas da ciência como biologia, informática e economia. A ideia básica por trás das redes neurais é a similaridade com a capacidade de processamento de dados do cérebro humano. O poder do cérebro biológico permite uma grande flexibilidade e paralelismo no processamento de informações (Pöldaru; Roots, 2003). Devido a grande capacidade de processamento, as RNAs têm sido usadas na modelagem de sistemas complexos demonstrando seu comportamento lineares e não lineares (Jang; Mizutane, 1997). As RNAs oferecem uma arquitetura altamente estruturada, como aprendizagem e capacidades de generalização de forma similar aos mecanismos neurológicos do cérebro humano. Armazenam conhecimento de forma distribuída na forma de pesos, os quais são determinados por aprendizagem (treinamento) a partir de valores de entrada e saída conhecidos (Odhianbo et al., 2001).

Figura 1: Sistemas usados para adubação em taxa variável.



Fonte: Auernhammer, 2001.

Figura 2: Modelo de fusão de dados JDL revisado.



Fonte: Steinberg and Bowman, 2001.

De acordo com Lima e Molin (2019), a utilização de práticas de agricultura de precisão para explorar a variabilidade espacial e gerar os mapas de produtividade no cultivo de cana de açúcar são essenciais e, de maneira geral, quando todos os sensores usados são avaliados individualmente apresentam vantagens e desvantagens na determinação da produtividade. Com o uso da fusão de dados por

meio de uma rede neural treinada, podem ser obtidos erros inferiores a 2% em todos os mapas de produtividade gerados.

O emprego de novas tecnologias tem sido de grande importância nas investigações agronômicas, como a Inteligência Artificial (IA), o que pode representar uma estratégia eficiente para simulação e otimização de processos importantes na agricultura (Barbosa, 2020).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um software de simulação com uso de interface de programação *open source*, para avaliar a viabilidade de algoritmos de redes neurais artificiais na fusão de dados de múltiplos sensores (dados de sensores e dados históricos de adubação e produção de trigo de inverno) e avaliar os resultados.

2. METODOLOGIA

2.1 AQUISIÇÃO DE DADOS

A parte de aquisição dos dados deste trabalho foi realizada na Universidade Técnica de Munique (TUM) como parte do projeto de pesquisa “Sistemas de Informação para Agricultura de Precisão IKB Duernast (Auernhammer et al, 1999).

Os dados históricos de produtividade foram medidos com uma colheitadeira equipada com um sistema comercial de detecção de rendimento (*DCF Flow Control*). A força de tração (T_FOR) foi medida durante o preparo do solo. Utilizou-se um sistema automático de aquisição de dados baseado em protocolo CAN (*Controller Area Network*) e a ISO11783 – ISOBUS, sendo os dados registrados em tempo real durante o trabalho de campo com as informações de posição com o uso de um GPS (SPANGLER et al., 2001).

Antes da segunda e terceira aplicação de N, foram realizadas as medições multiespectrais com o Hydro-N-Sensor® e, o ponto de inflexão de vermelho extremo (REIP) foi calculado. Devido ao pequeno tamanho das parcelas e à rápida mudança nas taxas de N, a colheita foi feita por uma colheitadeira de parcelas e colhendo o centro da parcela. Os dados de umidade dos grãos foram usados para ajustar os rendimentos aos níveis de umidade de mercado.

Os dados foram coletados no formato de dados de pontos espaciais. Para determinar os valores dos atributos das parcelas diversas os dados foram organizados

em um sistema de informações geográficas (SIG). Os atributos foram fundidos em um único conjunto de dados como pode ser observado na Tabela 1.

Os dados para o treinamento das RNAs foram cedidos pelo próprio projeto IKB Duernast (Weigert e Wagner, 2003), na forma de uma tabela de 410 linhas. Na Tabela 2 é apresentada uma amostragem reduzida de 10 linhas de dados, das 410 utilizadas para a aprendizagem das redes neurais artificiais.

Tabela 1: Dados coletados para a fusão com as redes neurais para a aplicação de N.

Yield_96	Produção (trigo cultivar de inverno) no ano de 1996 (t/ha)
Yield_98	Produção (trigo cultivar de inverno) no ano de 1998 (t/ha)
EM_38	Condutividade elétrica (mS/m)
T_FOR	T_FOR – força de tração (medida no preparo de solo, kN)
REIP_1	Ponto de Inflexão de vermelho extremo, antes da 2ª aplicação de N (nm)
REIP_2	Ponto de Inflexão de vermelho extremo, antes da 3ª aplicação de N (nm)
N_1	Primeira aplicação de N (kg N/ha)

Fonte: Weigert e Wagner, 2003.

Tabela 2: Amostragem dos dados utilizada para a aprendizagem das redes neurais artificiais.

Yield_96 (t/ha)	Yield_98 (t/ha)	EM_38 (mS/cm)	T_For (kN)	REIP_2 (nm)	REIP_3 (nm)	N1 (kg/ha)
6,06	7,5	38,84	31,15	720,16	722,42	60
6,08	7,13	38,84	31,75	721,69	726,13	50
5,84	7,89	39,25	33	722,43	727,09	70
5,73	7,87	39,25	32,64	721,89	727,94	60
5,82	8,17	37,82	32,51	722,75	727,95	70
4,91	8,17	37,82	32,05	723,29	727,6	70
6,22	7,63	38,18	32,12	721,68	727,34	70
5,91	7,9	38,18	30,39	721,92	727,44	70
6,48	7,57	37,00	30,63	721,58	726,78	50
6,09	7,57	37,00	30,05	722,35	728,35	90

Fonte: Elaborada pelo autor.

2.2 CRIAÇÃO E TESTES COM AS REDES NEURAI ARTIFICIAIS

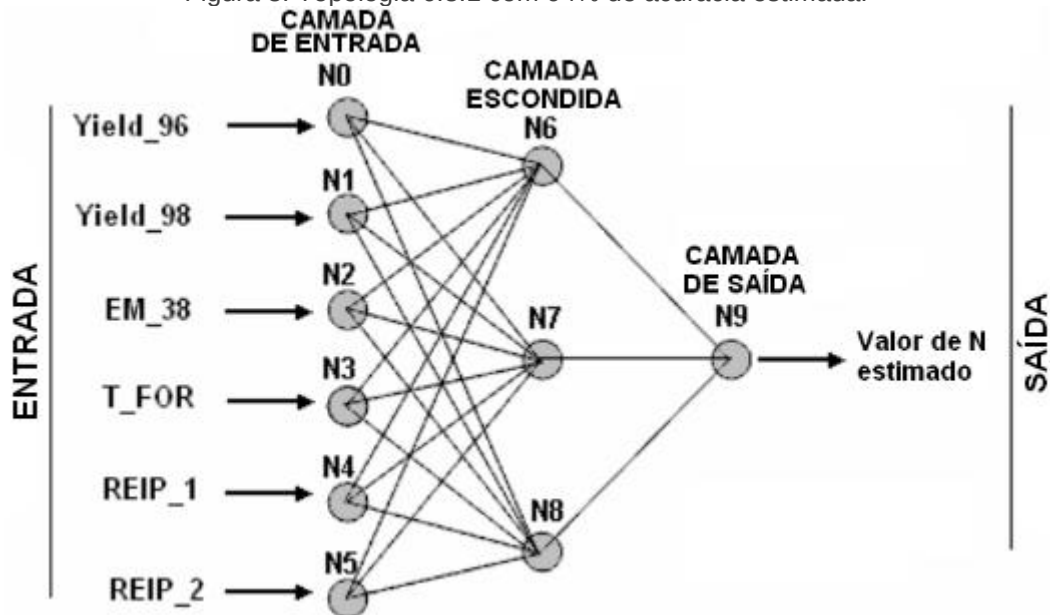
De acordo com Machado et al. (2005), foi utilizado o programa comercial Clementine 8.0 para redes neurais e mineração de dados, que após vários testes com diferentes topologias de RNAs, optou-se pelo valor da precisão estimada como o principal parâmetro para a escolha da melhor topologia (Clementine, 2003).

Muitas topologias com mais de duas camadas escondidas foram testadas, mas refugadas, isso porque os parâmetros das precisões estimadas obtidas possuíam uma diferença em torno de 1% em comparação com outras topologias mais simples com uma ou duas camadas escondidas. Redes neurais com topologias muito complexas,

com muitos neurônios e muitas camadas escondidas necessitariam de mais cálculos e maior poder de processamento do computador.

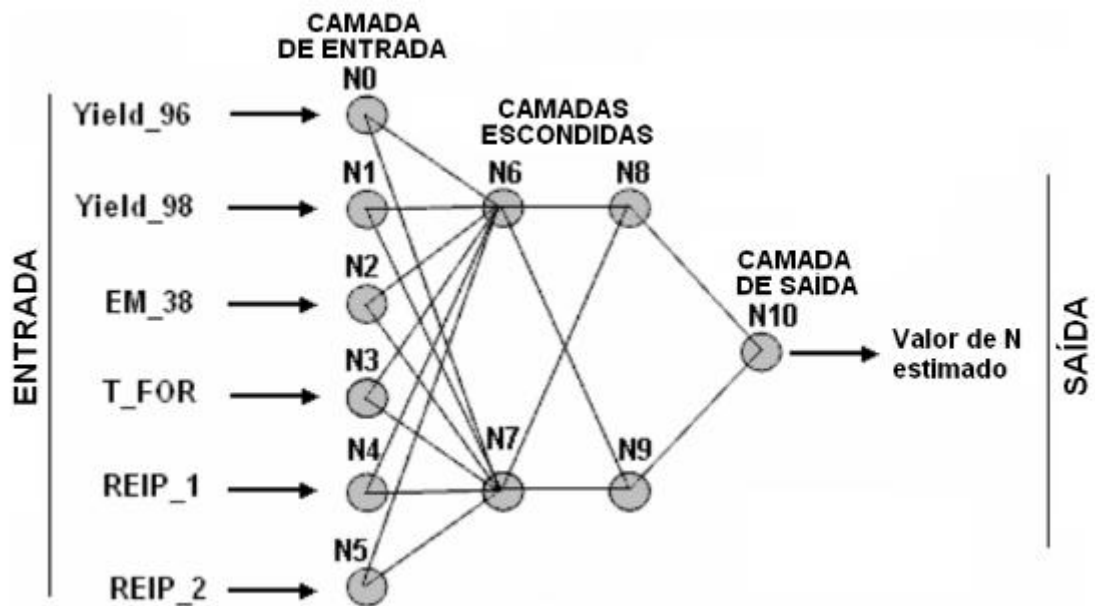
Foram escolhidas duas topologias baseadas no modelo perceptron de múltiplas camadas (MLP), uma 6:3:1 com 94% de acurácia estimada (Figura 3) e uma 6:2:2:1 com 96% de acurácia estimada (Figura 4), de acordo com os parâmetros de acurácia e maior simplicidade das equações obtidas para o processamento. Após o processamento dos dados utilizando o Clementine 8.0, foram gerados arquivos em XHTML (*Extensible Hypertext Markup Language*) contendo os valores de bias e dos pesos dos neurônios de acordo com a topologia da RNA escolhida. Com as informações e dados deste arquivo foi possível a implementação do código com todos os dados necessários para os cálculos no software de simulação (Tabela 3 e Tabela 4), (Machado et al., 2005).

Figura 3: Topologia 6:3:1 com 94% de acurácia estimada.



Fonte: Machado et al., 2005.

Figura 4: Topologia 6:2:2:1 com 96% de acurácia estimada.



Fonte: Machado et al., 2005.

Tabela 3: Pesos obtidos com a topologia 6:3:1 com o software Clementine 8.0.

Neurônios (N0, N1, N2, N3, N4, N5, camada de Entrada)			
CAMADAS ESCONDIDAS			SAÍDA
Neurônio 6	Neurônio 7	Neurônio 8	Neurônio 9
bias=0.7503	bias=1.2783	bias=-1.1154	bias=0.3575 Peso (6) = 0.2420 peso (7) = -6.6247 peso (8) = 0.3886
Peso (0) = -0.7442	Peso (0) = -0.2813	Peso (0) = -0.3023	
Peso (1) = -0.5408	Peso (1) = -4.2756	Peso (1) = -0.5213	
Peso (2) = -0.5181	Peso (2) = 2.7485	Peso (2) = -0.8136	
Peso (3) = -0.1230	Peso (3) = 1.5331	Peso (3) = -0.7719	
Peso (4) = -0.9518	Peso (4) = -10.8719	Peso (4) = -0.0072	
Peso (5) = -0.4617	Peso (5) = 0.6787	Peso (5) = 0.0432	

Fonte: Machado et al., 2005.

Tabela 4: Pesos obtidos com a topologia 6:2:2:1 com o software Clementine 8.0.

Neurônios (N0, N1, N2, N3, N4, N5, camada de Entrada)				
CAMADAS ESCONDIDAS				SAÍDA
Neurônio 6	Neurônio 7	Neurônio 8	Neurônio 9	Neurônio 10
bias=-3.6181	bias=-2.9010			
peso (0) = -1.0883	Peso (0) = 1.0316			
peso (1) = -0.5260	Peso (1) = 7.5576	Bias = -0.5113	bias=0.3065	bias=0.3726
peso (2) = -8.3673	Peso (2) = -1.9866	peso (6) = -5.4182	Peso (6) = -6.3716	peso (8) = -2.9092
Peso (3) = 1.1658	peso (3) = -4.8501	Peso (7) = -4.3210	peso (7) = -5.0691	Peso (9) = -3.5544
peso (4) = 13.3397	Peso (4) = 7.9910			
peso (5) = 0.6668	Peso (5) = -2.8793			

Fonte: Machado et al., 2005.

2.3 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO

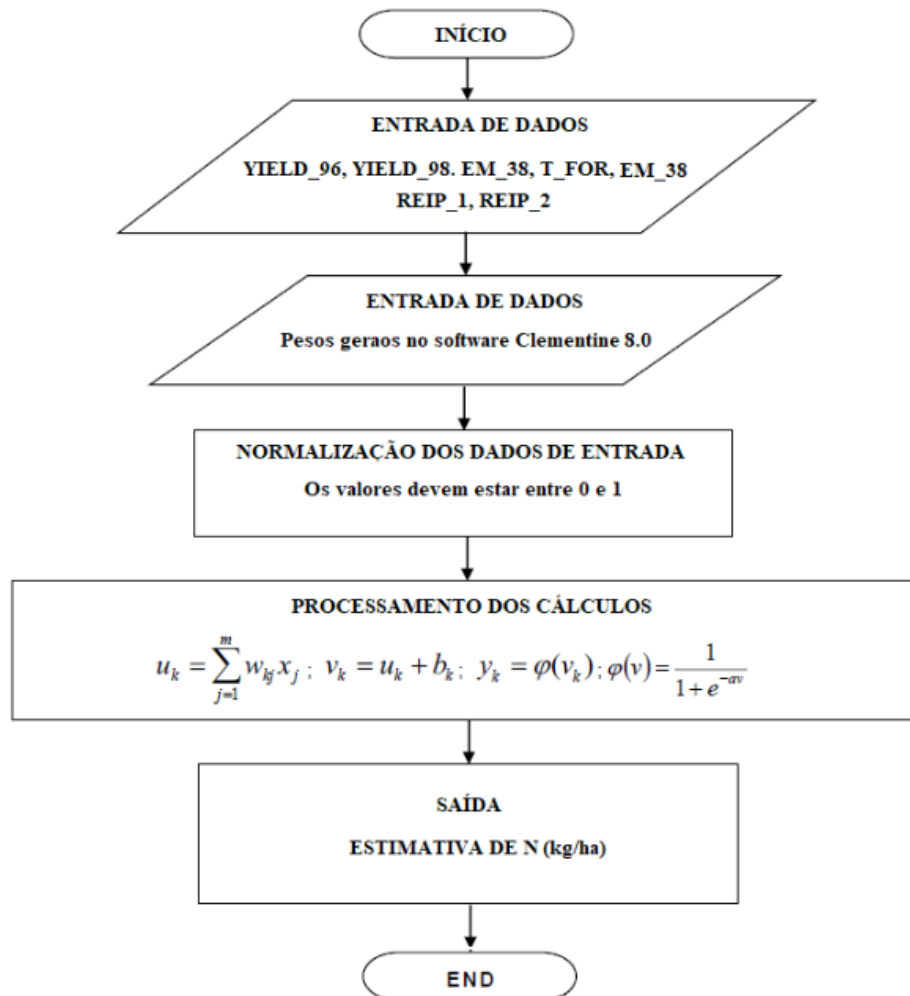
O Lazarus é um ambiente gráfico *open source* e multiplataforma para desenvolvimento rápido de aplicativos. Pode ser instalado em diferentes sistemas operacionais, incluindo Windows, Linux, FreeBSD e MacOSX 2. Possui uma variedade de componentes prontos para uso e permite criar facilmente interfaces gráficas complexas com a linguagem *object Pascal*, orientada a objetos. Pode ser usado para a criação de aplicativos comerciais, navegadores, visualizadores de imagens, aplicativos de banco de dados, software de edição gráfica, jogos, software 3D, software de análise médica ou engenharia (Lazarus, 2024).

Para a programação do software de simulação foi utilizado o ambiente Lazarus instalado num computador com o sistema operacional Windows 10 e processador Intel 7 com 16GB de RAM e foram utilizadas as topologias 6:2:1 e 6:2:2:1 sugeridas por Machado et al. (2005) com os dados obtidos por Weigert e Wagner (2003), no projeto IKB Duernast.

Uma rede *MLP (Mutilayer Perceptron)* ou PMC (Perceptron Multicamadas) é um tipo de rede neural artificial retroalimentada que gera uma série de saídas a partir de uma série de entradas, assim se diferenciando da rede Perceptron comum que gera uma só saída. Geralmente a rede MLP é utilizada em aplicações *deep learning* (Marsland, 2014, apud Souza, 2020).

A implementação do modelo de redes neurais perceptron de múltiplas camadas (MLP) no software de simulação utilizou as equações citadas por Haykin, (2001) e Demuth e Beale (2000), como pode ser observado no fluxograma do software de simulação na Figura 5.

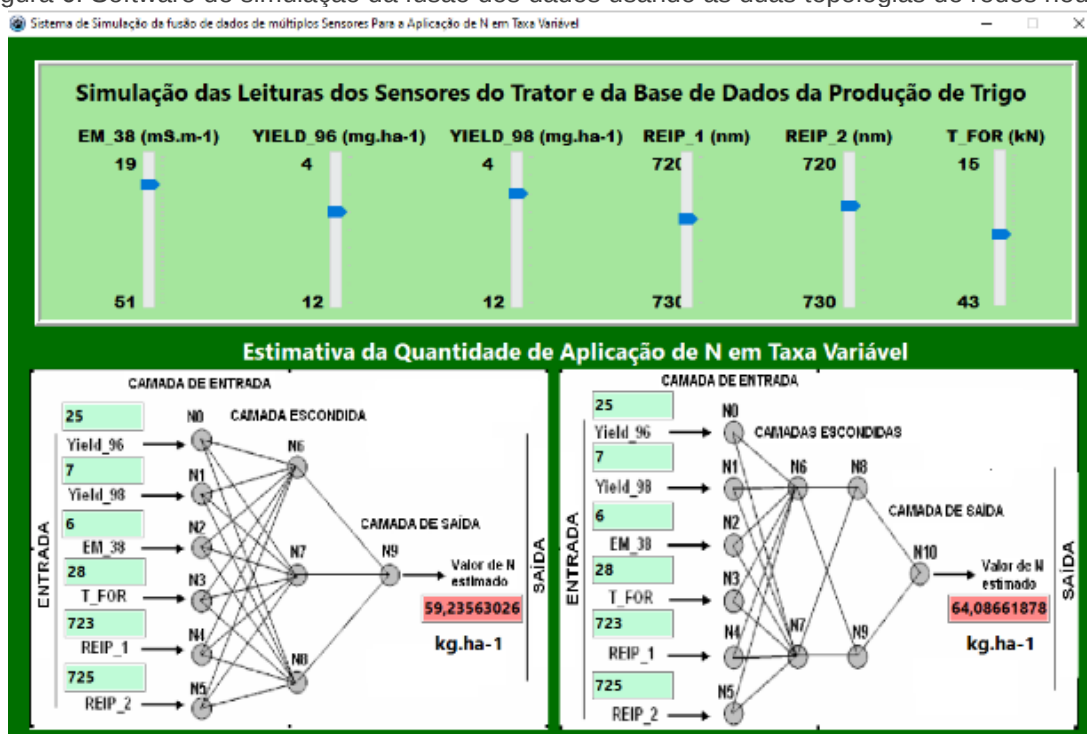
Figura 5: Fluxograma do software de simulação



Fonte: Adaptado de Machado et al., 2005

Para a utilização da interface homem máquina do software de simulação usa-se os botões de deslizamento com o uso de um mouse, fazendo que os valores de entrada variem como se estivessem sendo obtidos em tempo real por meio de sensores físicos montados num veículo móvel no campo. À medida que os valores são alterados, novos valores de N são calculados de forma simultânea, simulando uma aplicação de fertilizante num pulverizador (Figura 6).

Figura 6: Software de simulação da fusão dos dados usando as duas topologias de redes neurais



Fonte: Elaborada pelo autor

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura de precisão busca equilibrar a relação entre aspectos ecológicos e econômicos. Logo, o uso de um algoritmo de fusão de dados com redes neurais permite coletar informações de sensores e dados históricos de produção em tempo real, estimando a quantidade necessária de nitrogênio para adubação localizada.

A metodologia RAD (*Rapid Application Development*) de programação com a interface gráfica do Lazarus e seu conjunto de componentes, facilitaram o desenvolvimento do software pois é um modelo de processo que prioriza a criação incremental e rápida de aplicações.

Por ser *open-source* e multiplataforma, o ambiente de programação Lazarus com uso da linguagem orientada a objetos *Object Pascal* se mostraram eficientes no desenvolvimento do software de simulação em um computador com o sistema operacional Windows, mas poderá ser compilado e executado em distribuições Linux FreeBSD e MacOSX 2.

REFERÊNCIAS

AUERNHAMMER, H., DEMMEL, M., MAIDL, F.X., SCHMIDHALTER, U., SCHNEIDER, T., WAGNER, P. **An On-Farm Communication System for Precision Farming with Nitrogen Real-Time Application**. ASAE, St. Joseph, ASAE-Paper No. 991150, 1999.

AUERNHAMMER, H. Precision farming – the enviromental challenge. In: Computers and Electronics in Agriculture Millenium Special Issue: Past Developments and Future Directions. **Elseviere Science**, Amsterdam, v. 30, n. 2001, p. 31-42, 2001.

AUERNHAMMER, H. OSTERMEIER, R., MACHADO, P.P. **Assessing multisensor data fusion performance of a real-time process control for a sensor based fertilizer application system**. Approval of 5 ECPA_ 2 ECPLF poster Ref.nr 611, Germany, 2005.

BARBOSA, C. E. B. et al. Uso da técnica de vizinhança e rede neural artificial na estimativa de necessidade de calagem. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 8, p. 54716-54733, aug. 2022.

CLEMENTINE. **Clementine 8.0 User's Guide**. Copyright © by Integral Solutions Limited, All rights reserved, Printed in the United States of America, 2003.

DEMUTH, H.; BEALE M., **Neural Network Toolbox for Use with MATLAB® User's Guide**, version 4, sixth printing revised for version 4 (Release 12), copyright 1992 – 2000 by the mathworks, inc, 2000.

HAYKIN, S. **Neural Networks**: a comprehensive foundation. 2. ed. Prentice Hall Press, 2001.

JANG, J., SUN, C. e MIZUTANI, E. **Neuro-fuzzy and soft computing**: A computational approach to learning and machine intelligence. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1997.

LAZARUS. Site Oficial. Disponível em: [Página Lázaro \(lazarus-ide.org\)](http://lazarus-ide.org). Acesso em: 13 de jan 2024.

LIMA, J. J. A.; MOLIN, J.P. **Fusão de Sensores Para Obtenção de Dados de Produtividade em Colhedora de Cana-de-Açúcar**. Tese apresentada para obtenção do título de doutor em ciências. área de concentração: engenharia de sistemas agrícolas. Piracicaba – SP, 2019.

MACHADO, P. P. C., OSTERMEIER, R., AUERNHAMMER, H. **Investigations on multisensor data fusion algorithms for implementation of "real-time approach with map overlay" for n-fertilization**. Technische universitaet Muenchen, Department of bio resources and land use technology, crop production engineering am Staudengarten 2, 85354 Freising-Weihenstephan, Germany, 2005.

ODHIAMBO, L. O., YODER, R. E., YODER, D. C.; HINES, J. W. Optimization of fuzzy evapotranspiration model through neural training with input-output examples. **Trans. of ASAE**, v. 44, n. 6, p. 1625-1633, 2001.

PÕLDARU, R., ROOTS, J., **Perspectives of Teaching And Training New Data Analysis Procedures, EFITA**. Conference, Estonian Agricultural University, Estonia, 2003.

SOUZA, J. R. et al. Python e predição de dados usando redes neurais multicamadas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 54181- 54185, jul. 2020.

SPANGLER, A., AUERNHAMMER, H, DEMMEL, M., Stimulating use of open communication standards in agriculture (DIN 9684 and ISO 11783) with capable Open Source Program Library as possible reference implementation. *In*: GRENIER, G., BLACKMORE, S. (Eds.). **Proceedings of the "Third European Conference on Precision Agriculture**. Agro Montpellier, 2001. v. 2, p. 719-724.

STEINBERG, A. N., BOWMAN C.L. Revision to the JDL Data Fusion Model. *In*: **Handbook of Multisensor Data Fusion**. Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.: CRC Press LLC, 2001. p. 2.1 – 2.19.

WEIGERT, G., WAGNER, P. Development of decision rules for site-specific N fertilization by the application of data mining techniques. *In*: **Precision Agriculture**. Wageningen Academic Publishers, Den Haag, 2003. p. 711-715.

CAPÍTULO 2

SOFTWARE PARA COMPUTADORES LINUX E WINDOWS COM APLICAÇÃO AO CONTROLE AMBIENTE DE TEMPERATURA E LUMINOSIDADE UTILIZANDO O MICROCONTROLADOR PIC NUMA REDE CAN

Pedro Paulo da Cunha Machado

PhD em Agronomia – Ciência do Solo

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ)

Endereço: Paracambi, Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: pedro.machado@ifrj.edu.br

RESUMO: Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um projeto didático e interativo, composto por quatro módulos distintos: o primeiro módulo é utilizado para leitura e controle de temperatura; o segundo módulo, para leitura e controle de luminosidade; o terceiro módulo é uma interface serial RS232/CAN; O quarto módulo possui um transceptor para comunicação serial entre um computador pessoal e a rede. O primeiro, segundo e terceiro módulos foram construídos utilizando microcontroladores PIC18F4580 com CAN integrado e foram programados em linguagem C utilizando o ambiente de desenvolvimento integrado MikroC. O software para comunicação serial entre o microcomputador e o módulo III foi escrito em linguagem Object Pascal utilizando o ambiente de programação Delphi. Foram realizados testes de comunicação serial entre o microcomputador e o terceiro módulo, obtendo resultados positivos na aquisição e transferência de dados e troca de comandos através da rede CAN, demonstrando um sistema de dados distribuído entre os módulos no barramento.

PALAVRAS-CHAVE: Microcontrolador PIC; Controle de temperatura; Controle de luminosidade; RS232; CAN.

ABSTRACT: This work presents the development of a didactic and interactive project, composed of four distinct modules: the first module is used for reading and controlling temperature; the second module, for reading and controlling luminosity; the third module is an RS232/CAN serial interface; The fourth module has a transceiver for serial communication between a personal computer and the network. The first, second, and third modules were built using PIC18F4580 microcontrollers with integrated CAN and were programmed in C language using the MikroC integrated development environment. The software for serial communication between the microcomputer and module III was written in Object Pascal language using the Delphi programming environment. Serial communication tests were performed between the microcomputer and the third module, obtaining positive results in data acquisition and transfer and command exchange through the CAN network, demonstrating a distributed data system among the modules on the bus.

KEYWORDS: PIC microcontroller; Temperature control; Luminosity control; RS232; CAN.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, temos observado um grande avanço da informática e automação no setor agrícola, o que tem contribuído para a melhoria das condições de trabalho, do meio ambiente e para promover a qualidade, produtividade e competitividade. Com esses avanços, temos visto um aumento significativo no uso de dispositivos eletrônicos em máquinas agrícolas, o que gera a necessidade de desenvolver meios de comunicação de dados robustos, adequados para ambientes agressivos e compatíveis com a integração desses dispositivos. Uma tendência atual tem sido a adoção do protocolo de comunicação digital serial Controller Area Network (CAN) como padrão para máquinas e implementos na área agrícola (Sousa et al., 2007).

Para Souza et al. (2007), o protocolo CAN foi desenvolvido pela empresa alemã BOSCH fornecedora de componentes e subsistemas para a indústria automotiva. Foi disponibilizado em meados da década de 80 para promover a interação entre dispositivos de controle de processos apresentando padrões de camadas físicas e de enlace de acordo com o modelo OSI (*Open Systems Interconnection*), padronizado e documentando pela norma ISO 11898 e pelo sistema SAE (*Society of Automotive Engineers*).

Segundo Souza (2007), as redes CAN podem ser usadas como um meio de comunicação de padrão aberto para microcontroladores, unidades eletrônicas de controle (ECU), e outros dispositivos inteligentes. O barramento CAN mostrou-se inicialmente como uma rede de comunicação mais adequada às aplicações embarcadas em veículos. Sejam estas aplicações automotivas, navais ou agrícolas.

É fundamentado no conceito de detecção de transmissão, acesso múltiplo (sem prioridade), detecção de colisão e arbitragem de dados não destrutiva. Isto significa que todos os módulos verificam o estado do barramento, analisando se outro módulo não está enviando mensagens com maior prioridade (Guimarães, 2007).

De acordo com Bica et al. (2021), a evolução da eletrônica e a popularização de sistemas programáveis de custo acessível, facilitou o acesso aos sistemas de aquisição de dados, o que levou vários autores e pesquisadores a desenvolverem seus próprios dispositivos.

Segundo Sturmer e Mauricio (2021), a revolução tecnológica do século XXI está impactando a forma como vivemos e nos educamos. Entretanto, a educação atual ainda está distante desta realidade. Dentro deste contexto, surgiu o conceito

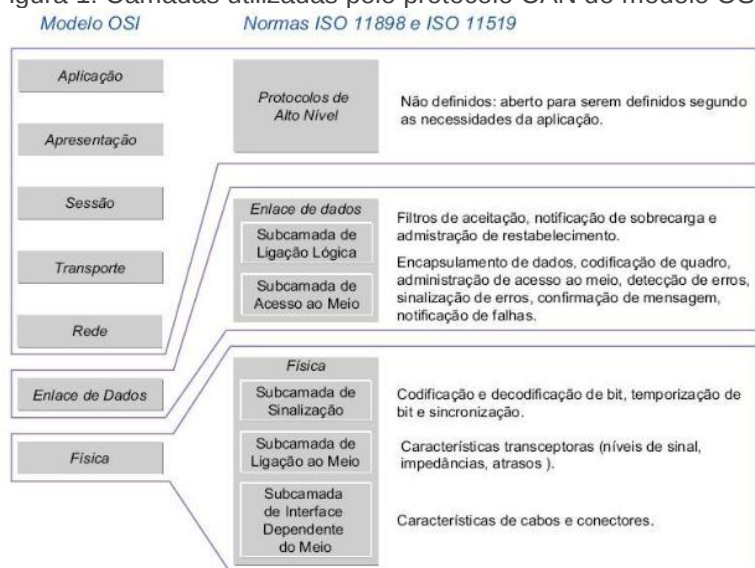
de cultura “maker”, apontada pela UNESCO como um dos novos pilares da educação sendo uma extensão da cultura “faça você mesmo”, que incentiva a produção prática e manual, possibilitando as pessoas a criar, consertar e a modificar objetos de diferentes finalidades.

1.1 PROTOCOLO CAN X OSI

A rede CAN utiliza um protocolo de comunicação serial que atua de forma eficiente em aplicações onde se deseja controlar sistemas distribuídos em tempo real com um alto nível de confiabilidade das informações.

Esse protocolo tornou-se um padrão internacional e está documentado na ISO11898 (para aplicações em alta velocidade) e ISO11519 (para aplicações em baixa velocidade). Muitos protocolos são descritos usando as sete camadas do modelo OSI. O protocolo CAN utiliza apenas a camada de enlace de dados e parte da camada física, a subcamada PLS (*Physical Signaling*), deste modelo. O restante da camada física, as subcamadas PMA (*Physical Medium Signaling*) e a MDI (*Medium Dependent Interface*), e as outras camadas não são definidas pela especificação CAN, mas elas podem ser definidas pelo projetista do sistema. Observa-se por meio da Figura 1, o modelo OSI e as camadas utilizadas pelo protocolo CAN (Sá; Barros; Neto, 2008).

Figura 1: Camadas utilizadas pelo protocolo CAN do modelo OSI.



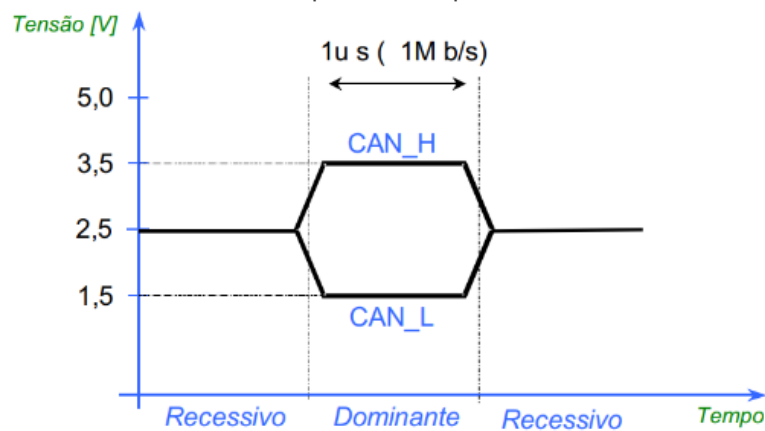
Fonte: Sousa et al., 2007.

1.2 A CAMADA FÍSICA

Segundo Sousa et al. (2007), os sinais elétricos digitais do protocolo CAN são representados pelos níveis recessivo e dominante. Quando presentes um nível recessivo e um nível dominante no meio é sempre o nível dominante que prevalece. É este princípio que possibilita o mecanismo de acesso ao meio utilizado pelo CAN. A Figura 2 ilustra os níveis de sinal do CAN, considerando as duas linhas de transmissão do CAN CAN_H e CAN_L.

A tensão elétrica nominal para o bit recessivo é 2,5V, tanto para CAN_H como para CAN_L, assim a diferença entre as tensões elétricas nominais para o bit recessivo no barramento é 0V. A tensão elétrica nominal para o bit dominante é 3,5V para CAN_H e 1,5V para CAN_L, assim a diferença entre as tensões elétricas nominais para o bit dominante é 2V. Este tipo de sinalização, utilizando a diferença entre dois sinais elétricos, é denominado sinalização balanceada, e minimiza interferência eletromagnética na comunicação, pois a interferência afeta igualmente as duas linhas, mantendo desta forma a diferença entre as tensões que representam cada bit. Os sinais elétricos digitais do CAN são representados pelos níveis recessivo e dominante. Quando presentes um nível recessivo e um nível dominante no meio é sempre o nível dominante que prevalece. É este princípio que possibilita o mecanismo de acesso ao meio utilizado pelo CAN. A Figura 2 ilustra os níveis de sinal do CAN, considerando as duas linhas de transmissão do CAN CAN_H e CAN_L.

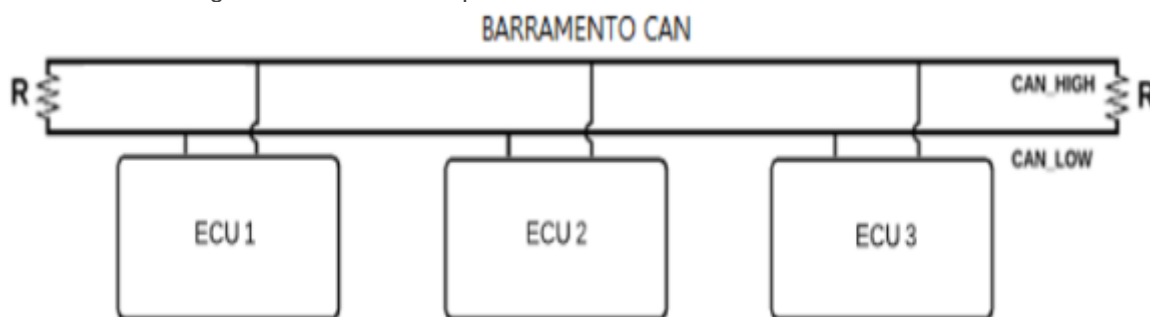
Figura 2: Níveis de sinais elétricos especificados pelas normas ISO 11898 e ISO 11519.



Fonte: Sousa et al., 2007.

Segundo Guimarães (2007), numa rede CAN são usados terminadores adicionados nos extremos de um barramento ou linha de transmissão. Estes terminadores, são duas resistências de 120 ou 124 ohms, cuja finalidade é a de realizar o casamento de impedância da rede, garantindo que não haja reflexão do sinal (Figura 3). Diversos módulos ou unidades de controle eletrônico (ECU) podem ser conectadas à linha de comunicação sem que seja necessário um módulo principal para fazer o gerenciamento destas mensagens, sendo esta vantagem uma característica de um sistema distribuído.

Figura 3: Sistema com processamento distribuído numa rede CAN.



Fonte: Guimarães, 2007.

O objetivo deste trabalho foi construir e avaliar um projeto didático e interativo para demonstrar um controle de temperatura e luminosidade, por meio da troca de dados e comandos numa rede CAN composta por quatro módulos, sendo três microcontrolados e conectados diretamente ao barramento, e um quarto módulo, composto essencialmente por um transceptor serial RS232, conectado a um computador pessoal, para a execução de um programa gerenciador.

2. METODOLOGIA

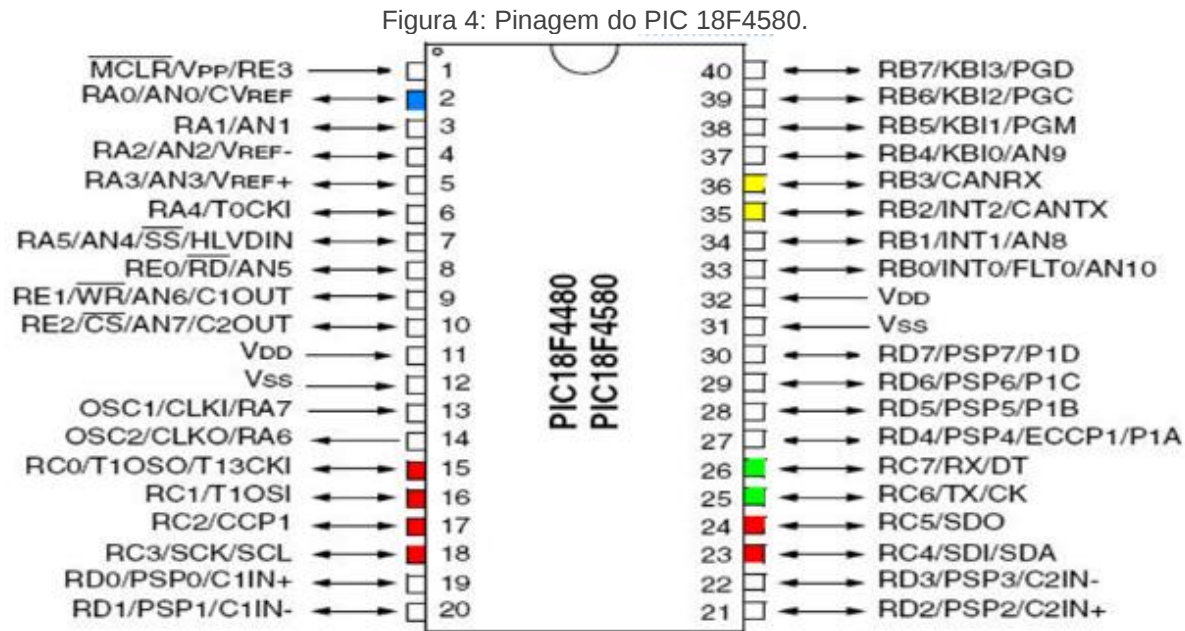
O projeto foi desenvolvido utilizando quatro módulos eletrônicos, três deles, contendo microcontroladores da série PIC18F4580, três transceptores de rede CAN MCP2551, ambos fabricados pela empresa Microchip. O quarto módulo é composto basicamente por um circuito integrado MAX232, que é um transceptor para a rede serial RS232. Para o módulo I, foi utilizado o sensor de temperatura LM35, para o módulo II usou-se o sensor de luminosidade LDR (*Light Dependent Resistor*). O módulo III não utiliza sensores. Ele é utilizado como interface de conversão entre o barramento CAN e o computador pessoal por meio de comunicação serial RS232.

Cada um dos três módulos possui um display LCD azul para a apresentação das leituras. Os dados vindos dos módulos I e II são recebidos no módulo III via barramento CAN e, em seguida, são transferidos por comunicação serial ao PC por meio do módulo IV.

2.1 ESCOLHA DO MICROCONTROLADOR PIC 18F4580

Para esse projeto foi utilizado o microcontrolador da série PIC18F4580 de uso geral da família 18F de microcontroladores PIC, por possuir a pinagem de entrada e saída de dados do barramento CAN e ser de baixo custo. Foram usados os pinos 35 e 36 para barramento CAN, os pinos 15, 16, 17, 18, 23 e 24 conectam o display, os pinos 25 e 26 a comunicação serial (usado no módulo III), o pino 2 foi usado nos módulos I e II para conversão analógica digital dos sensores, (Michrochip, 2024a).

Podemos observar na Figura 4 e no Quadro 1, a pinagem e as características técnicas do microcontrolador PIC18F4580, que foram de grande importância para a construção das placas eletrônicas nos módulos I, II e III e para o desenvolvimento dos seus programas em linguagem C.



Fonte: Michrochip, 2024a.

Quadro 1: Parâmetros do PIC 18F4580.

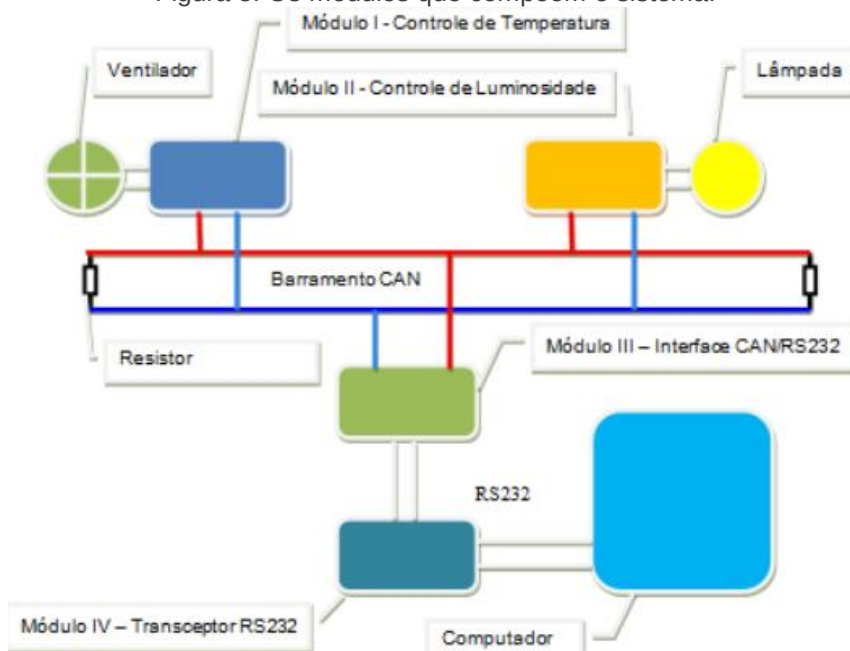
Parâmetros	Valores
Tipo de memória p/ programa	Flash
Memória de programa (KB)	32
Velocidade da CPU(MIPS)	10
RAM Bytes	1,536
EEPROM (bytes)	256
Comunicação Digital	1-A/E/USART, 1-MSSP (SPI/I2C)
Captura/PWM	1 CCP, 1ECCP
Temporizadores	1 de 8-bit e 3 de 16-bit
ADC	11 canais de 10-bit
Comparadores	2
CAN	1 ECAN
Temperatura de trabalho	-40 to 125
Voltagem p/ operação (V)	2 to 5.5
Quantidade de pinos	40

Fonte: Michrochip, 2024a.

2.2 DESENVOLVIMENTO DOS MÓDULOS ELETRÔNICOS

O sistema é composto por quatro módulos; módulo I, II, III e IV. O módulo I, apresenta a leitura e controla a temperatura, o módulo II, apresenta a leitura e o controle da luminosidade, o módulo III, é interface com o barramento CAN/ RS232 e o módulo IV, é um transceptor RS232, que permite a comunicação RS232 com o PC (Figura 5).

Figura 5: Os módulos que compõem o sistema.



Fonte: Elaborada pelo autor.

2.2.1 Desenvolvimento dos programas de comunicação e construção dos módulos I, II, III e IV

Atualmente, a maioria dos microcontroladores disponíveis no mercado, contam com compiladores de linguagem C para o desenvolvimento de software. O uso dessa linguagem permite a construção de programas e aplicações muito mais complexas do que seria viável utilizando apenas o Assembly. Além disso, permite uma grande velocidade na criação de novos projetos, devido às facilidades de programação oferecidas pela linguagem e também à sua portabilidade, o que permite adaptar programas de um sistema para outro com um mínimo esforço. Outro aspecto favorável é a sua eficiência (Pereira, 2007).

Os programas executados nos módulos que compõem o protótipo foram escritos na linguagem C usando o compilador MikroC versão 8.0. O MikroC é um ambiente de desenvolvimento para microcontroladores PIC. Foi projetado para fornecer ao programador a solução facilitada para o desenvolvimento de aplicações para sistemas microcontroladores. Após a compilação dos programas, foram gerados arquivos com a extensão “hex”, que posteriormente são gravados na memória EEPROM do microcontrolador (Mikroelektronika, 2024).

Este compilador, possui uma IDE compatível com a linguagem C ANSI e contém um amplo conjunto de bibliotecas de hardware, documentação completa, e abundância de exemplos de códigos. Outra vantagem do MikroC 8.0 é que ele dispõe de funções predefinidas para a comunicação através da porta CAN, facilitando a implementação. Além disso, é possível configurar os bits no próprio compilador.

O **módulo I** (Figura 6), foi construído com objetivo de fazer a aquisição de temperatura ambiente e simular de forma didática o seu controle, por meio da ativação de um microventilador. Este módulo possui um sensor de temperatura LM35DZ que produz um sinal elétrico proporcional à variação da temperatura. O sinal elétrico gerado pelo sensor LM35 foi convertido em sinal digital pelo módulo A/D do microcontrolador no pino 2.

O programa de controle verifica se a temperatura está acima ou abaixo de 30°C. Se a temperatura estiver acima de 30°C, automaticamente o microventilador é acionado, caso contrário, mantém-se desligado.

Este módulo acessa o barramento CAN com três finalidades: A primeira é escrever os dados dos valores de temperatura, a segunda é obter informações do

módulo II e a terceira, é receber os comandos vindos do computador pessoal para ativar/desativar ou colocar em modo automático, de acordo com as requisições do usuário. Em seguida todos os dados e informações de estado são apresentados no display LCD. O fluxograma do programa está ilustrado na Figura 14.

Os principais componentes eletrônicos do módulo I são: transceptor MCP 2551; sensor de temperatura LM35 DZ; transistor BC547B NPN; microcontrolador PIC18F4580; display LCD 16x2 paralelo e a chave para Reset.

O **módulo II**, (Figura 7), foi construído com objetivo de fazer a leitura da luminosidade ambiente e executar o seu controle, também de forma didática, por meio da ativação de um LED azul de alto brilho,. Este módulo possui um sensor de luminosidade LDR (*Light Dependent Resistor*) que produz um sinal elétrico proporcional à variação da luminosidade. O LDR é um tipo de resistor cuja resistência varia conforme a intensidade de radiação eletromagnética do espectro visível que incide sobre ele. O sinal elétrico gerado pelo sensor é convertido em sinal digital pelo módulo A/D do microcontrolador no pino 2.

O programa de controle verifica se a luminosidade está acima ou abaixo de 130 (O valor 130 foi definido pelo projetista, podendo ser qualquer valor). Se a luminosidade estiver abaixo de 130, automaticamente o LED azul de alto brilho é acionado, iluminando o ambiente, caso contrário mantém-se desligado. Os valores apresentados de luminosidade não foram convertidos para uma unidade física de intensidade luminosa. São apenas os valores obtidos diretamente na conversão A/D.

Este módulo acessa o barramento CAN com três finalidades: A primeira é escrever os dados dos valores de luminosidade, a segunda é obter informações do módulo I no barramento CAN e a terceira é receber os comandos vindos do computador para ativar/desativar ou colocar em modo automático, de acordo com as requisições do usuário. Em seguida todos os dados e informações de estado são apresentados no display LCD. O fluxograma do programa está ilustrado na Figura 15.

Os principais componentes eletrônicos do módulo II são: transceptor MCP 2551; microcontrolador PIC18F4580; sensor de luminosidade LDR; display LCD 16x2 paralelo; transistor BC547B NPN e a chave para Reset.

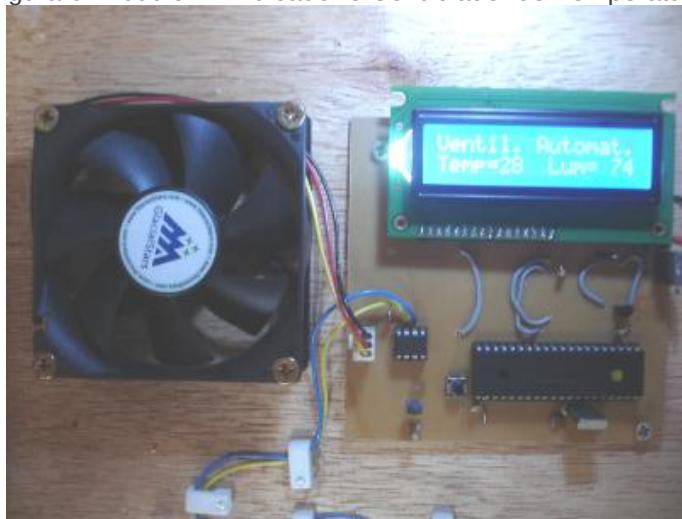
O **módulo III**, (Figura 8), é a interface CAN/RS-232 e, tem função de receber e transmitir os dados dos módulos I e II da rede CAN para o computador pessoal e vice-versa. Os dados vindos da rede CAN e os dados enviados pelo computador via serial RS232, são apresentados no display LCD. Os principais componentes

eletrônicos do módulo III são: o transceptor MCP 2551; microcontrolador PIC18F4580; display LCD 16x2 paralelo e a chave de Reset. O fluxograma do programa pode ser observado na Figura 16.

Os módulos I, II e III para se conectarem à rede CAN necessitam de um transceptor MCP2551. É um circuito integrado que conecta o controlador CAN e o barramento físico com a finalidade de converter o nível lógico TTL (*Transistor-Transistor Logic*) de 5V do controlador Os módulos I,II e III CAN e a variação de sinais do barramento CAN, sendo totalmente compatível com a norma ISO 11898. A descrição e as ligações dos pino podem ser observadas na Figura 9 e no Quadro 2.

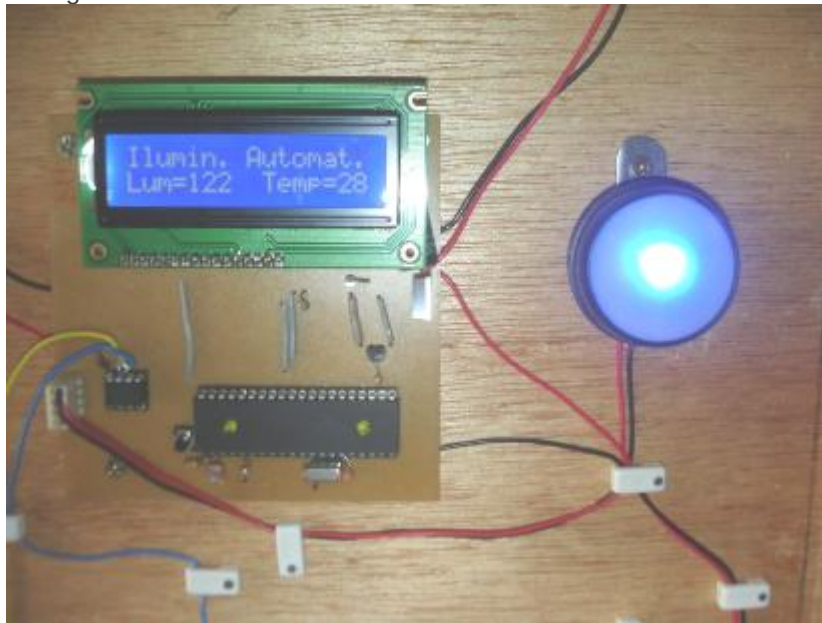
O transceptor opera a velocidades de até 1 Mbit/s. Normalmente, cada nó em um sistema CAN deve ter um transceptor para converter os sinais digitais adequados, gerados pelo controlador para a transmissão no barramento. Fornece também uma proteção contra os picos de tensão que podem ocorrer no barramento por meio de fontes externas (IME, ESD, transientes elétricos). Este circuito integrado foi usado nos módulos I, II e III, ligando-se ao PIC18F4580 (controlador CAN) nos pinos 35 e 36, que são as saídas para a transmissão e recepção de dados para este protocolo (Michrochip, 2024b).

Figura 6: Módulo I – Indicador e Controlador de Temperatura.



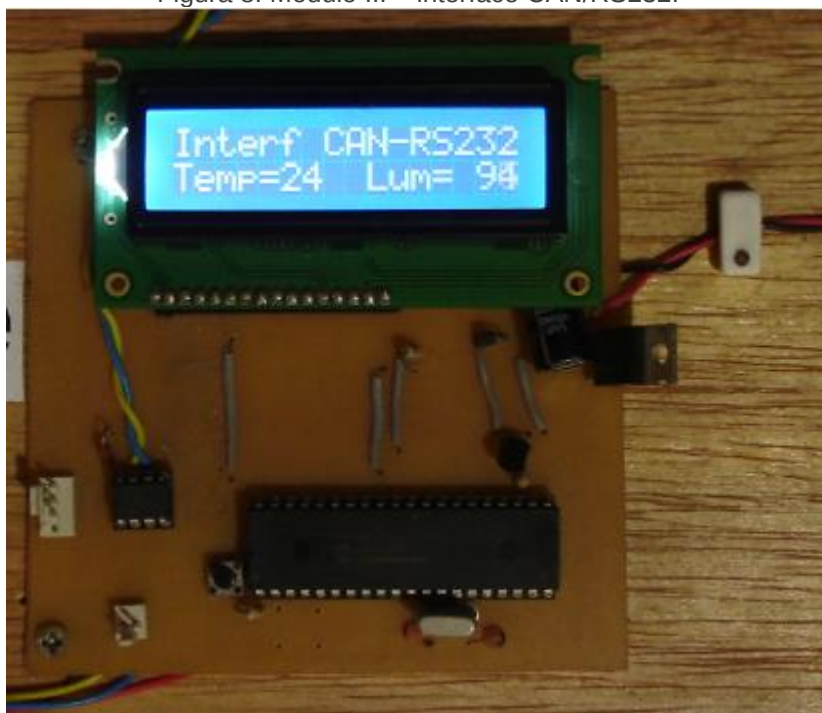
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 7: Módulo II – Indicador e Controlador de Luminosidade.



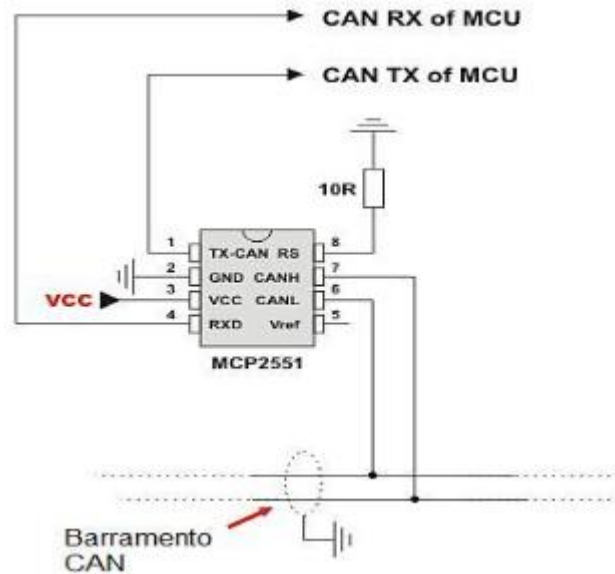
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 8: Módulo III – interface CAN/RS232.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 9: Pinagem do Transceptor MCP2551.



Fonte: Michrochip, 2024b.

Quadro 2: Descrição das pinagens do MCP2551.

Pinagem	Nome	Descrição
1	TXD	Transmissor de Entrada de Dados: TXD é um TTL compatível com o pino de entrada pino. É geralmente ligada ao transmissor de dados de saída CAN do dispositivo. Quando TXD é baixa, CANH e CANL são dominantes no estado. Quando TXD é elevada, e CANH CANL estão em estado recessivo (desde que outro nó CAN não está ligada ao barramento CAN com um estado dominante).
2	VSS	Pino de Aterramento
3	VDD	Pino Positivo
4	RXD	Receptor de Saída de dados: RXD é um TTL compatível como o pino de saída que impulsiona alta ou baixa saída dependendo do sinal diferencial nos pinos CANH e CANL e é normalmente ligada ao receptor de entrada de dados do controlador dispositivo CAN. RXD é alta quando o barramento é recessivo e baixa no estado dominante.
5	VREF	Referência Tensão de Saída
6	CANL	A saída CANL impulsiona a baixa tensão do barramento CAN. Este pino também é ligado internamente ao receber entrada do comparador.
7	CANH	A saída CANH impulsiona a alta tensão do barramento CAN. Este pino também é ligado internamente ao receber entrada do comparador.
8	RS	O pino RS é usado para selecionar Alta Velocidade, <i>Slope Control</i> .

Fonte: Michrochip, 2024b.

O **módulo IV**, representado pela Figura 10, é o transceptor RS232, composto essencialmente pelo circuito integrado MAX232, que é um conversor de nível, que transforma os sinais de uma porta serial para sinais adequados para uso em circuitos microprocessados. O MAX232 converte os níveis dos sinais RX, TX, CTX e RTS. A tensão mais alta (tipicamente de $\pm 12V$ do RS232 para 5.0 ou 3.3V TTL) é gerada por um circuito inversor interno, que utiliza quatro capacitores (normalmente de 10 uF). É

um transmissor/receptor duplo que fornece níveis de voltagem TIA/EIA-232-F de uma única fonte de tensão de 5V. Cada receptor converte entradas TIA/EIA-232-F para níveis de 5V TTL/CMOS. Estes receptores têm um limiar típico de 1.3V, uma histerese típica de 0.5V e pode aceitar $\pm 30V$ de entrada. Cada transmissor converte níveis de entrada TTL/CMOS em níveis TIA/EIA-232 (Zanco, 2006).

Podemos observar um esquema com as ligações entre o computador pessoal, o módulo IV, o PIC 18F4580, o módulo III e o barramento CAN, apresentado na Figura 11. O circuito integrado MAX232 e as suas ligações com o conector DB9 e demais componentes, estão ilustrados na Figura 12.

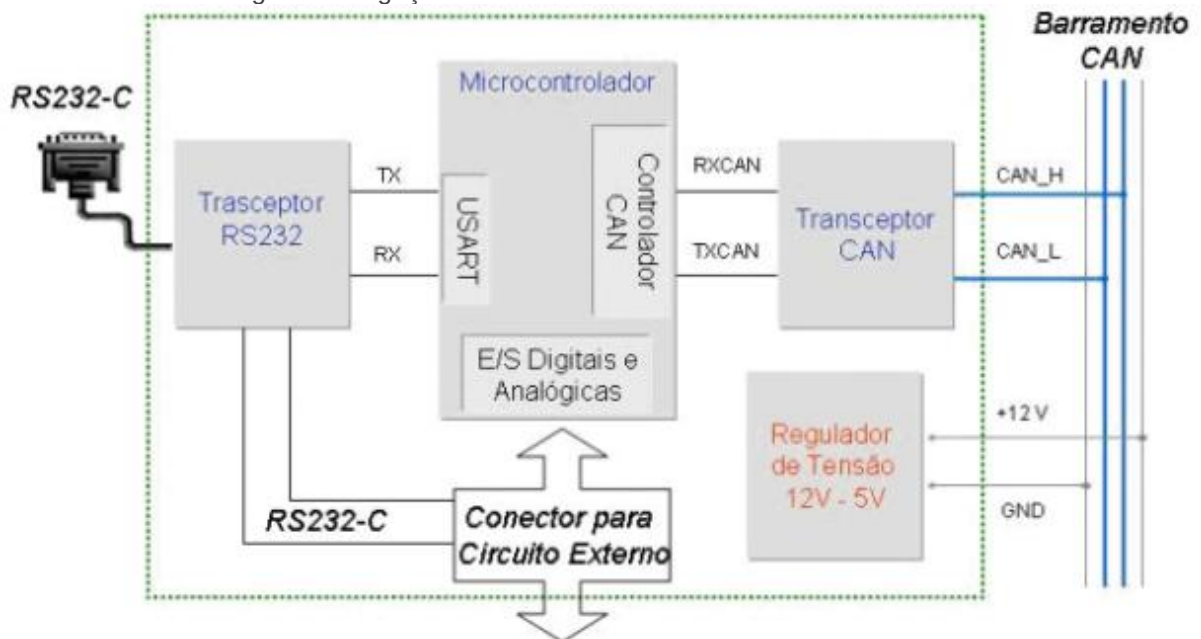
Segundo Zanco (2006), o padrão RS232 define um conector de 25 pinos conhecido como DB25 e utiliza 22 pinos de sinais e terra. Contudo, o conector usado no módulo IV é o de 9 pinos (DB9), definido pela especificação EIA-574, é frequentemente utilizado em comunicações assíncronas. O conector DB9 fêmea e suas pinagens, podem ser observadas na Figura 13.

Figura 10: Módulo IV transceptor RS232.



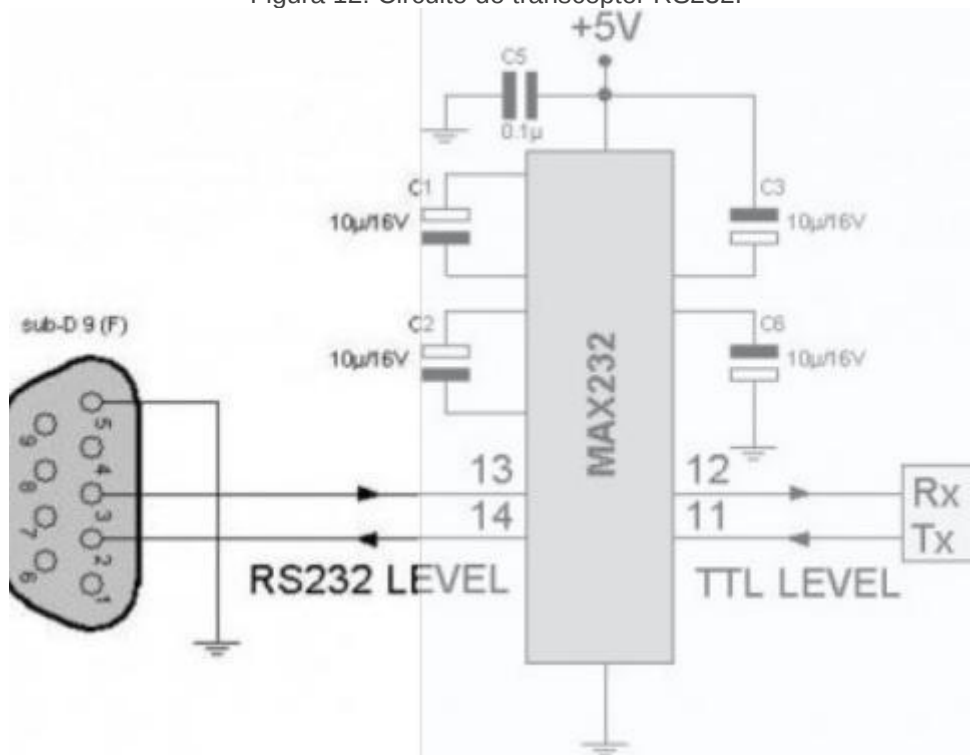
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 11: Ligação da interface RS-232 com o barramento CAN.



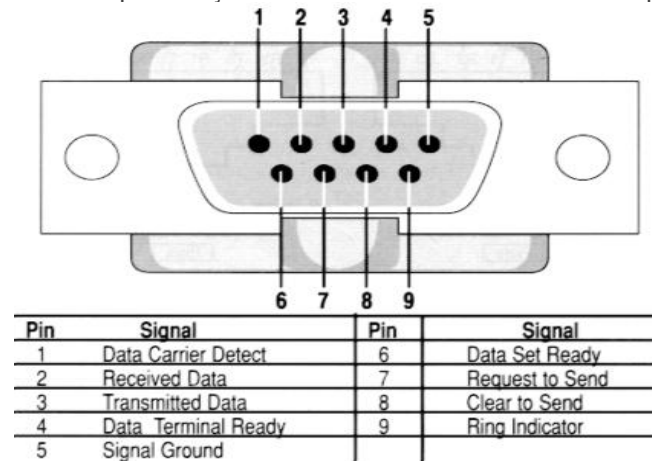
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 12: Circuito do transceptor RS232.



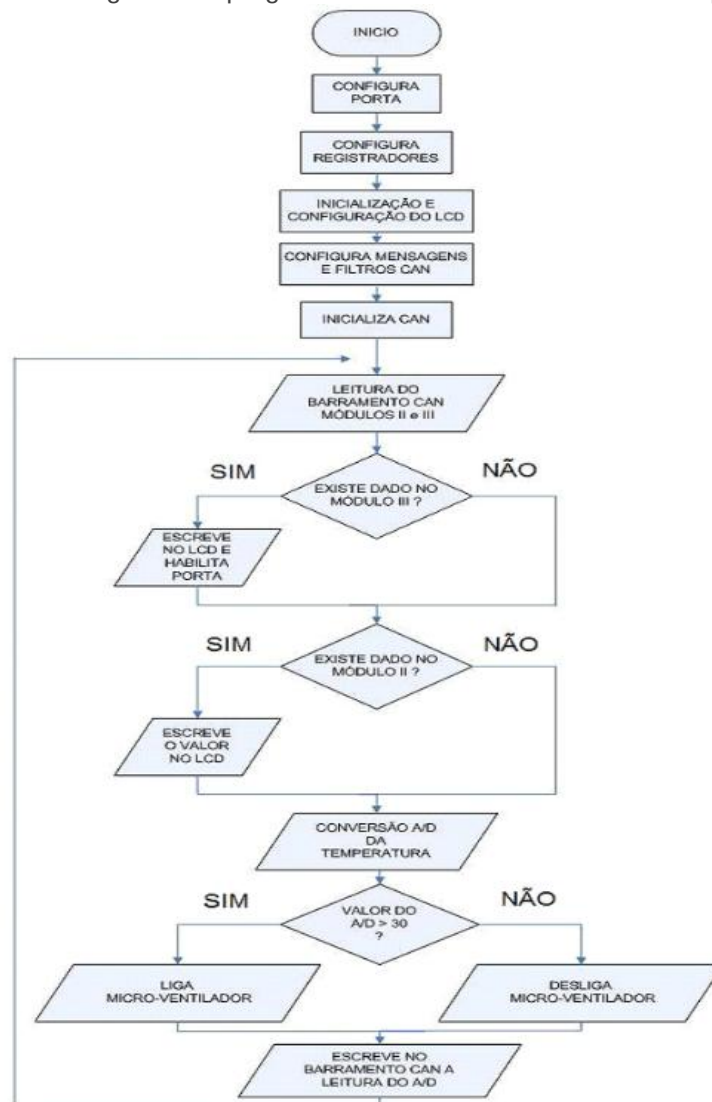
Fonte: Netcomputadores, 2024.

Figura 13: Especificação do conector fêmea RS-232 de 9 pinos.



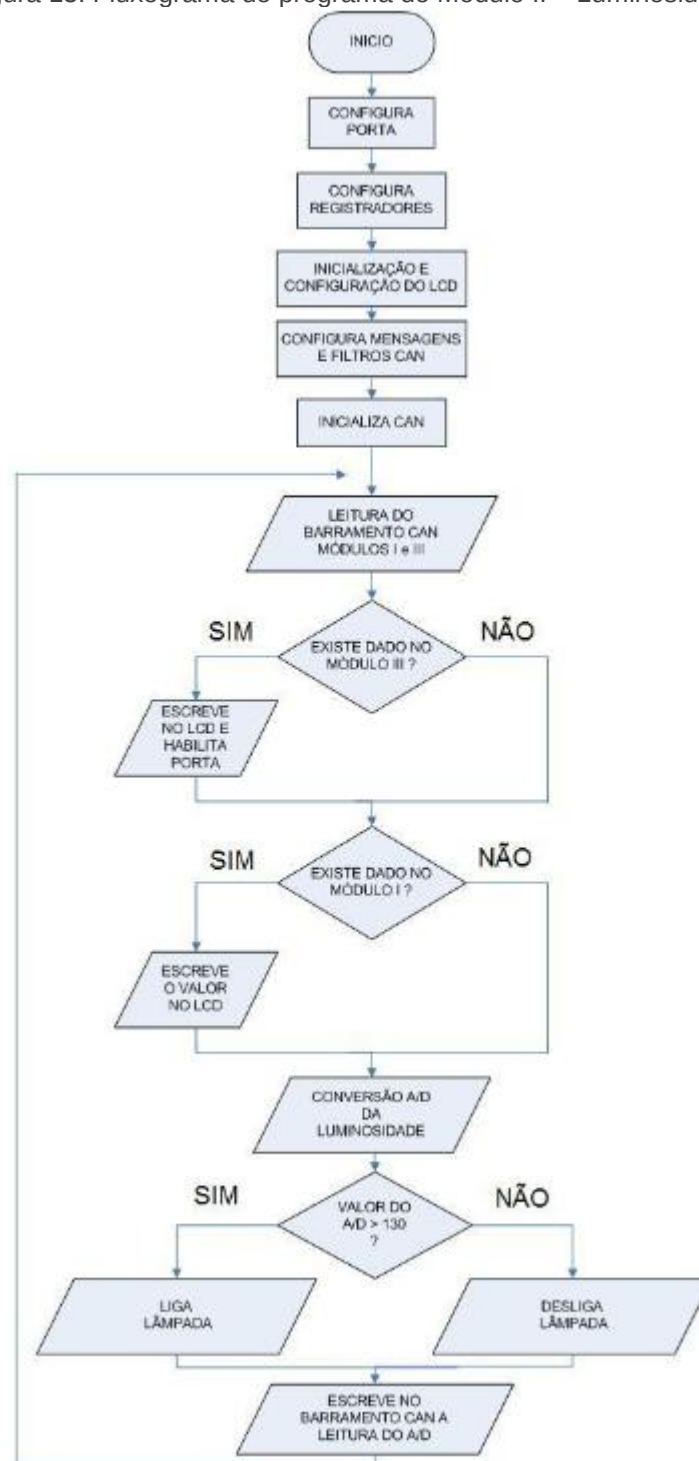
Fonte: Robocore, 2024

Figura 14: Fluxograma do programa do Módulo I – controle de Temperatura.



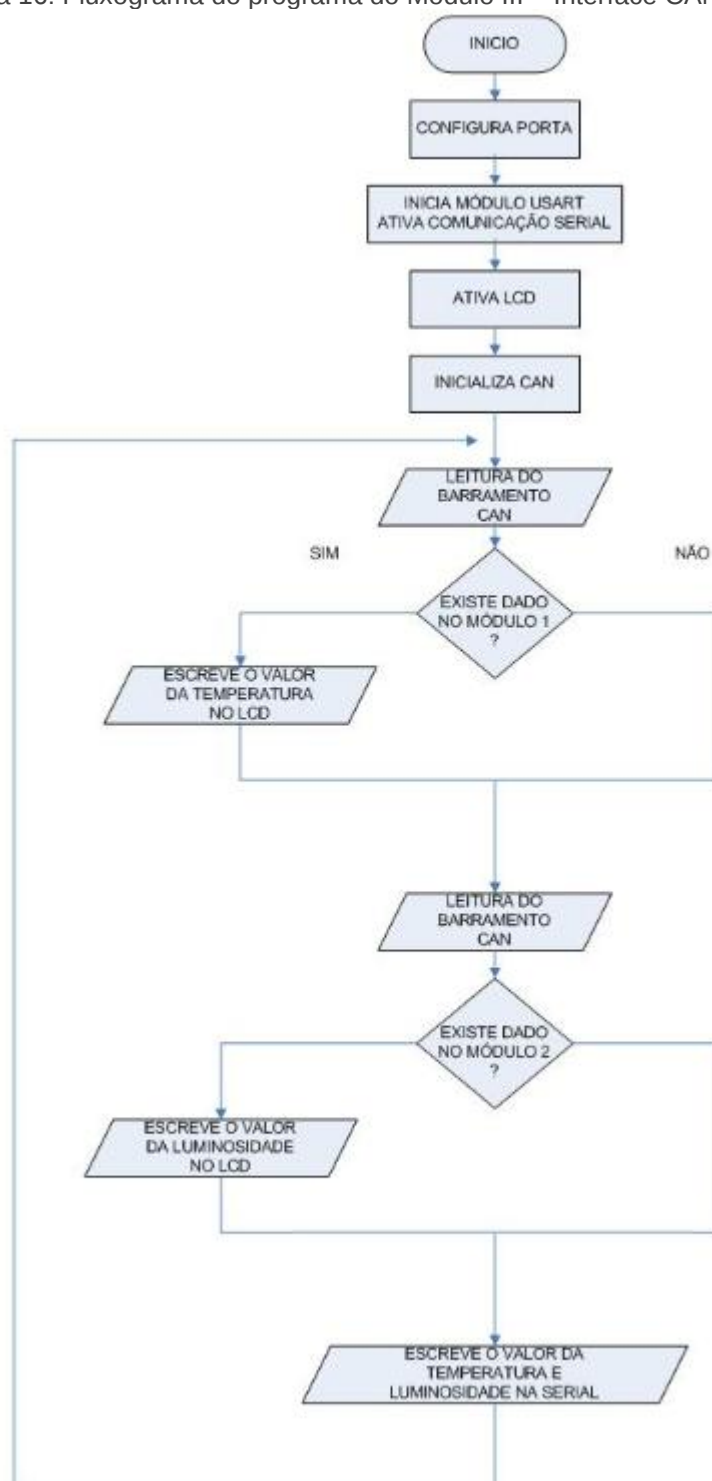
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 15: Fluxograma do programa do Módulo II – Luminosidade



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 16: Fluxograma do programa do Módulo III – Interface CAN/RS232.

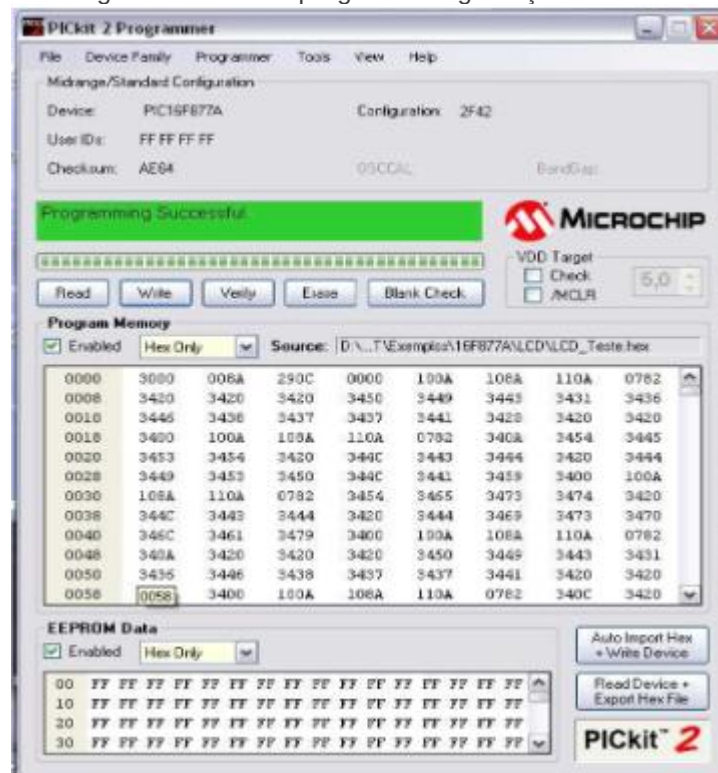


Fonte: Elaborada pelo autor.

2.2.2 Gravação do programa na memória EEPROM PIC 18F4580

Para gravar o programa desenvolvido no MikroC, é necessário executar a compilação para criar um arquivo com extensão “hex”, para posteriormente ser gravado na memória EEPROM PIC 18F4580. Para isso, foi usado o programa PICKit2 Programmer (Figura 17). O programa gerencia um gravador eletrônico conectado ao computador pessoal por meio de uma porta USB. O PIC é fixado em um soquete existente no gravador (Figura 18) para a gravação (Microchip, 2024c).

Figura 17: Tela do programa de gravação PICKit2.



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 18: PICKit 2 Programmer – Gravador Hexadecimal.



Fonte: Elaborada pelo autor.

2.3 O PROGRAMA GERENCIADOR DO PROJETO

Para enviar, receber e apresentar dos dados do módulo III foi desenvolvido o programa “SAPIW”, que significa “Programa Serial com Uso da API do Windows”. Para a programação, utilizou-se o ambiente de programação Delphi com uso da API (*Application Programming Interface*) do sistema operacional Windows para interagir com a rede CAN, via comunicação serial RS232 com o módulo III (interface RS232/CAN). Nele, estão os métodos para configurar e acessar a porta serial e os métodos para recebimento e envio de dados para os módulos da rede. A sua interface homem máquina está representada na Figura 19, funcionando como um terminal de supervisão e controle.

O Delphi é um ambiente de desenvolvimento integrado, que utiliza a linguagem de programação *Object Pascal*. Foi desenvolvido pela Embarcadero Technologies, possuindo recursos e aprimoramentos para atender às necessidades dos desenvolvedores de software. (Embarcadero, 2024). Segundo Tiobe, (2024), a linguagem *Object Pascal* é uma das treze linguagens de programação mais utilizadas mundialmente.

Os valores de temperatura e luminosidade recebidos da rede pelo computador pessoal via comunicação serial RS232 e apresentados na tela do programa SAPIW e atualizados a cada dois segundos. Nesta mesma tela, também são apresentados seis botões de comando, que são: “**Liga ventilação**”, “**Desliga ventilação**”, “**Controle automático**” para a temperatura, “**Liga iluminação**”, “**Desliga iluminação**” e “**Controle automático**” para a luminosidade. Cada um destes botões ao ser pressionado, enviará um caractere de comando para os módulos I e II, por meio do módulo III, de tal forma que ao interpretá-los, sejam executadas as funções. Cada um dos botões ao ser pressionado, será enviado um caractere: “A”; “B”; “C”; “D”; “E” e “F”, respectivamente.

Figura 19: Interface do programa gerenciador do projeto didático.



Fonte: Elaborada pelo autor.

2.3.1 O painel do projeto didático interativo

Todos os quatro módulos desenvolvidos foram fixados num painel de madeira de 1m de altura por 0.9m de largura, onde estão identificadas as suas ligações “nós” no barramento CAN. Este formato possibilita a sua mobilidade em salas de aula e apresentações em feiras de ciências, como podemos observar na Figura 20.

O barramento é representado por um par de fios presos em paralelo, com as cores vermelha e azul. Além terem a função de barramento de dados, também disponibilizam uma alimentação de 5V com a corrente de 1A para os módulos, sendo o fio vermelho os +5V e o fio azul o neutro. De acordo com o padrão da rede CAN, foram usadas resistências de terminação de rede no valor de 120 ohms.

O computador pessoal por meio do programa SAPIW, foi capaz de enviar e receber dados da rede CAN e, com o uso de “garras jacaré” nos fios de comunicação do módulo III foi possível demonstrar manualmente a detecção e a comunicação automática na rede quando este é adicionado ou retirado de forma temporária do barramento, apresentando ou não as leituras de temperatura e luminosidade.

Figura 20: Painel didático e interativo de uma rede CAN para controle de temperatura e luminosidade.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um projeto didático e interativo com quatro módulos interligados em uma rede RS232 e CAN para troca de dados e comandos de controle, segundo a arquitetura de sistemas distribuídos.

O programa gerenciador “SAPIW” executou as leituras e enviou dados para a rede CAN, ligando, desligando ou colocando no modo automático os módulos I e II por meio da comunicação serial RS232 com o módulo III, intermediada pelo módulo IV.

Os programas em linguagem C desenvolvidos para os módulos I, II e III, foram escritos para demonstrar de forma didática, o compartilhamento dos dados no barramento, logo, o módulo I para controle de temperatura também apresenta no seu display LCD as leituras de luminosidade do módulo II e vice-versa, o módulo III, apresenta as leituras de ambos.

A interatividade com o painel pode ser realizada cobrindo-se o sensor de luminosidade ou tocando o sensor de temperatura com as mãos, fazendo variar os seus valores na tela do computador pessoal. Uma outra experiência interessante é a de desconectar um dos módulos I, II ou III, do barramento em funcionamento, para observar que os módulos que permaneceram conectados continuaram o seu funcionamento normal, como também, ao se fazer a sua reconexão, este será detectado de forma automática, retornando ao seu funcionamento normal no barramento. Logo, experiências didáticas e interativas podem ser realizadas para a demonstração das características e vantagens de uma rede CAN.

REFERÊNCIAS

BICA, Marcos. R. R. et al. Sistema de Monitoramento de Temperatura em Silo de Armazenamento de Grãos com Comunicação sem fio. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 51409-51427, maio 2021.

EMBARCADERO. **Developer Tools**. Disponível em: Embarcadero Cross-Platform App Development Software. Acesso em: 20 jan. 2024.

GUIMARÃES, A. A. **Protocolos de Comunicação Automotivos**. São Paulo: Érica, 2007.

MICROCHIP. **Documentation PIC18F2480/2580/4480/4580 Data Sheet**. Disponível em: PIC18F4580 | Microchip Technology. Acesso em: 18 jan. 2024a.

MICROCHIP. **MCP2551 High-speed CAN Transceiver**. Disponível em: MCP2551 High-speed CAN Transceiver. Acesso em: 18 jan. 2024b.

MICROCHIP. **PICkit™ 2 Programmer/Debugger User's Guide**. Disponível em: PICkit 2 Programmer/Debugger User's Guide (microchip.com). Acesso em: 18 jan. 2024c.

MIKROELEKTRONIKA. **MikroC Manual**. Disponível em: mikroC PRO for PIC User Manual v100 (mikroe.com). Acesso em: 19 jan. 2024.

NETCOMPUTADORES. **MAX232 Texas Instruments RS232 Driver Dual Full Duplex**. Disponível em: MAX232IN Texas Instruments RS232 Driver Dual Full Duplex (netcomputadores.com.br). Acesso em: 21 jan. 2024.

PEREIRA, F. **PIC Programação em C**. 7º ed. São Paulo – SP: Editora Érica, 2007.

ROBOCORE. **Comparação Entre Protocolos de Comunicação Serial**. Disponível em: Comparação Entre Protocolos de Comunicação Serial – Tutoriais – RoboCore. Acesso em: 19 jan. 2024.

SÁ, J. S., BARROS, P. R., NETO, J. S. R., **Implementação e Análise de uma Rede CAN para Controle de um Sistema Distribuído**. UFCG, Paraíba, 2008.

SOUSA, R. V. GODOY, E. P., PORTO, A. J. V.; INAMASU, R. Y. **Redes Embarcadas em Máquinas e Implementos Agrícolas: o Protocolo CAN (Controller Area Network) e a ISO11783 (ISOBUS)**. Embrapa Instrumentação Agropecuária São Carlos, SP 2007.

SOUZA, V. A. **Projetando com os microcontroladores da família PIC 18**. São Paulo – SP: Ensino Profissional, 2007.

STURMER, C. R.; MAURICIO, C. R. M. Cultura maker: como sua aplicação na educação pode criar um ambiente inovador de aprendizagem. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 8, p. 77070-77088 aug. 2021.

TIOBE, **TIOBE Index for January 2024**. Disponível em: TIOBE Index – TIOBE. Acesso em: 20 jan. 2024.

ZANCO, S. W. **Microcontroladores PIC, Técnicas de Software e Hardware com base no PIC 16F877A**. São Paulo – SP: Érica, 2006.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ESPERMÁTICA DO SÊMEN EQUINO RESFRIADO A 5°C POR 36 HORAS DE GARANHÕES ALOJADOS NO MUNICÍPIO DE ROLIM DE MOURA – RONDÔNIA – RO

Aline Karolayne Ferreira Valim

Graduanda em Medicina Veterinária

Instituição: Universidade Federal de Rondônia (UNIR)

Endereço: Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

E-mail: ifrokarol15@gmail.com

Denise Bino Correa

Graduada em Medicina Veterinária

Instituição: Universidade Federal de Rondônia (UNIR)

Endereço: Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

E-mail: denisebino@hotmail.com

Igor Mansur Muniz

Doutor em Medicina Veterinária (Clínica e Reprodução Animal)

Instituição: Universidade Federal de Rondônia (UNIR)

Endereço: Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

E-mail: igor.mansur@unir.br

Fernando do Carmo Silva

Doutor em Anestesiologia

Instituição: Universidade Federal de Rondônia (UNIR)

Endereço: Rolim de Moura, Rondônia, Brasil

E-mail: f.docarmo@unir.br

RESUMO: A reprodução equina atualmente dispõe de manobras tecnológicas que otimizam o uso de animais com atributos genéticos selecionados, agregando valor e qualidade, evitar possíveis transmissões de patógenos via coito, aumento no número de éguas inseminadas por garanhão e maior número de descendentes nascidos por estação. Objetivou-se com esse trabalho o emprego de biotécnicas aplicadas à reprodução equina com intenção de avaliar a viabilidade do sêmen resfriado por 36 horas de garanhões da raça quarto de milha alojados no município de Rolim de Moura – Rondônia. Foram coletados sêmen de sete garanhões através do uso de vagina artificial e manequim vivo, posteriormente acondicionado e resfriados a temperatura de 5°C no dispositivo de refrigeração passiva container, posteriormente foi avaliado as características físicas, motilidade, vigor e concentração em quatro momentos sendo horas 0, 12, 24 e 36 pós coleta. Admitindo a eficácia do uso da técnica de refrigeração de sêmen, mostrando se eficaz ao manter bons padrões de motilidade e concentração ($P > 0,05$). No entanto, não foi capaz em preservar o vigor ($P < 0,05$). Conclui-se que o uso da biotecnologia na reprodução equina maximiza o uso de garanhões que se encontram alojados em regiões distante, ou que encontre limitado a transporte entre regiões.

PALAVRAS-CHAVE: Reprodução; Criopreservação; Motilidade.

ABSTRACT: Currently, equine reproduction has reproductive techniques that optimize the use of animals with selected genetic attributes, adding value and quality, avoiding possible transmission of pathogens via coitus, increasing the number of mares inseminated per stallion, and the number of descendants born per season. This study aimed to use biotechniques applied to equine reproduction with the intention of evaluating the viability of semen cooled by 36 hours from stallions of the quarter-thousand breed housed in Rolim de Moura – Rondônia. Semen from seven stallions were collected through the use of artificial vagina and live manikin, subsequently conditioned and cooled to a temperature of 5 ° C in a container refrigeration device. It was evaluated the physical characteristics, motility, vigor and concentration in four moments: 0, 12, 24 and 36 hours post-collection. Admitting the efficacy of the use of the semen cooling technique, showing that it is effective in maintaining goog motility for motility and concentration patterns ($P > 0.05$). However, it was able to preserve the vigor ($P < 0.05$). It is concluded that the use of biotechnology in equine breeding maximizes the use of stallions that are housed in distant regions or that are limited to transport between regions.

KEYWORDS: Reproduction; Cryopreservation; Motility.

1. INTRODUÇÃO

A indústria equina mundial vem crescendo a cada ano e tem exercido importante papel como fonte geradora de renda e empregos. Em um estudo sobre a indústria do cavalo no Brasil, demonstrou-se uma taxa de 8,5 milhões de equinos e 1,2 milhões de muares e jumentos. Esse segmento agropecuário é responsável pela geração de 610 mil empregos diretos e com aproximadamente 2,5 milhões indiretos (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento -MAPA, 2016).

A biotecnologia da reprodução é uma importante ferramenta a serviço da equideocultura mundial, como instrumento direto do melhoramento genético. O sêmen resfriado é largamente utilizado na rotina reprodutiva equina, dadas as vantagens proporcionadas por estes métodos, esta talvez seja a biotecnologia com maior impacto na produção equina, pois um reprodutor pode deixar centenas de descendentes ao longo de sua vida reprodutiva quando essa biotecnologia é usada eficientemente.

Aparentemente, no mundo, os países que mais realizam inseminação artificial com sêmen resfriado transportado são Estados Unidos, seguido pelo Brasil (Papa et al., 2005).

O desenvolvimento de técnicas adequadas para preservação e armazenamento de sêmen possibilita o melhor aproveitamento de animais com alto valor zootécnico, evita gastos de transportes e riscos como doenças sexualmente transmissíveis, além de permitir a conservação de material genético por determinado período.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade espermática do sêmen equino submetidos a uma condição de resfriamento de 5° C, avaliando parâmetros de concentração, motilidade e vigor espermático de garanhões da raça quarto de milha alojados no município de Rolim de Moura – Rondônia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Papa et al. (2005) o Brasil tem grande destaque na utilização de sêmen equino refrigerado e está em segundo lugar entre os países que utiliza a biotecnologia. Além disso, a indústria do cavalo tem mantido fundamental importância como fonte geradora renda e emprego, com 610 mil empregos diretos e com aproximadamente 2,5 milhões indiretos (MAPA, 2016).

As primeiras descobertas sobre a criopreservação deram-se por volta de 1700 quando Spallanzani introduziu sêmen de cão e cavalo na neve e observou à queda de motilidade dos espermatozoides e posteriormente ao aquecimento à recuperação da motilidade (Hopkins; Meadows, 2003).

A inseminação artificial com sêmen refrigerado é utilizada amplamente na reprodução (Nunes et Al., 2006). O processo de diluição e resfriamento do sêmen confere maior sobrevivência aos espermatozoides, além de protegê-los de condições adversas, proporciona o aumento significativo de fêmeas a serem inseminadas e reduz o risco de transmissão de doenças tanto pela monta quanto pelo deslocamento (Loomis; Squires, 2005).

As técnicas de resfriamento e congelamento permitem melhor acasalamento e aproveitamento de garanhões geneticamente superiores, muitas vezes alojados em centrais de reprodução (Nunes et al., 2006). O transporte de sêmen refrigerado maximiza o aproveitamento de animais com grande potencial genético (Papa et al., 2005).

Apesar de simples, a técnica de resfriamento encontra vários fatores que influenciam de forma negativa na viabilidade espermática como, a composição do diluente, método de resfriamento, transporte e especificidade do reprodutor (Rocha, 2012).

A eficácia no uso do sêmen resfriado resulta na preservação dos espermatozoides durante o tempo de transporte e armazenamento, sem que ocorra comprometimento da sua capacidade fecundante, permite assim o prolongamento da viabilidade espermática por um período maior e chegar até 48 horas para equinos, mantendo a temperatura mínima de 5°C (Silva Filho et al., 1997; Vale Filho; Valle Nascimento, 2011).

A célula espermática possui uma membrana plasmática composta por uma dupla camada lipídica, proteínas e carboidratos, e esta é afetada pelo choque térmico (Amann; Graham, 1993). Em estudo Squires et al. (1999) classificam os danos causados pelo estresse térmico à célula espermática em diretos, rupturas das membranas ou indiretos, alterações das funções celulares.

Squires et al. (1999) constataram a necessidade de conservação da viabilidade espermática de pelo menos 24 horas, visto que é o tempo necessário para que as amostras de sêmen dos garanhões sejam transportadas e cheguem aos haras para serem utilizadas na inseminação artificial. Tempos superiores de armazenamento podem provocar reações bioquímicas que comprometem a fertilidade dos gametas (Pommer, et al., 2002).

2.1 DISPOSITIVO DE REFRIGERAÇÃO

Machado et al. (2002) constataram a eficácia no sistema de refrigeração passiva para transporte de sêmen equino diluído formado por duas caixas de isopor, uma interna (15 x 11 cm) e outra externa (25 x 16 cm).

A estocagem de sêmen em diferentes containers¹ pode ser pode oferecer taxas de comparações inconvenientes, por estes apresentares características distintas (Silva Filho et al., 1994). No mesmo sentido Malmgren (1998) relata que alterações de temperatura a qual os containers são expostos tem influência direta sobre a temperatura final e estocagem interior da amostra e influenciando nas características seminais.

Valle et al. (1999) classificaram os sistemas de preservação de sêmen em passivos, sendo os que possuem uma taxa de refrigeração dependente de alguns fatores como temperatura inicial da amostra, temperatura do ambiente e volume da amostra e possuem vantagem de ser menos onerosos, o sistema ativo já possui taxa de refrigeração pré-determinada tendo como desvantagem o alto custo e pouco viável em condições de campo.

Avanzi et al. (2006) não observaram diferenças estatísticas sobre sistemas de refrigeração passiva comparado a dispositivos disponíveis no mercado, quando mantidos a temperatura ambiente de 24°C. Douglas-Hamilton et al. (1984) descreve taxas de prenhes de até 91% com sêmen equino transportado e refrigerado em equipamento adequado.

Silva Filho (1994) aborda que para ser eficaz o equipamento de preservação do sêmen equino refrigerado, containers, precisa atender as necessidades de completo isolamento térmico do meio exterior, obter uma lenta taxa de resfriamento (0,33°C/min), manutenção da temperatura por maior tempo possível após estabilização, serem seguros, baratos e práticos.

2.2 PLASMA SEMINAL

O plasma seminal é caracterizado como a porção fluida do ejaculado no qual os espermatozoides estão presentes (Garner; Hafez, 2004). Troedsson (1999) relata que estão presentes no plasma seminal substâncias moduladoras da resposta

inflamatória uterina pós cobertura auxiliando na limpeza uterina de éguas susceptíveis a endometrite pós cobertura.

Em trabalho realizado, Squires et al. (1999) constataram que apesar de exercer papel importante no transporte e fisiologia do gameta masculino o plasma seminal não é um meio ideal para preservação de espermatozoides in vitro, devido grande proporção de plasma seminal promover uma redução da motilidade espermática durante longos períodos de estocagem e refrigeração; já em pequenas quantidades de plasma tem-se uma melhor sobrevivência.

Segundo Kankofer et al. (2005) enzimas presentes no plasma seminal controlam o balanço e neutralização entre espécies reativas de oxigênio. A adição de antioxidantes em sêmen equino tem a função de melhorar a manutenção da integridade da membrana e a motilidade do espermatozoide (Bruemmer. et al., 2002).

A manipulação do sêmen após ejaculação o expõe a diversos fatores, principalmente ao processo de peroxidação dos lipídeos da membrana plasmática pelas espécies reativas a oxigênio (Boe-Hansen et al., 2005; Funahashi; Sano, 2005; Kankofer et al., 2005).

Características subjetivas de motilidade e vigor avaliadas visualmente fornecem uma estimativa da quantidade de espermatozoides móveis e sua magnitude de deslocamento (Dobrinsk et al., 1993).

A técnica de avaliação de motilidade apesar de apresentar uma correlação de baixa e média intensidade com a fertilidade e não avaliar todas as características que o espermatozoide deve possuir para efetuar a fecundação, ainda tem sido muito utilizada por ser simples e de baixo custo (Squires et al., 1999; Graham, 2001).

2.3 QUEDA DE TEMPERATURA E ARMAZENAMENTO

Alguns fatores decorrentes da refrigeração como choque térmico e estresse osmótico podem causar injúrias a célula espermática que leva a perda da fertilidade e da capacidade do espermatozoide fecundar (Mazur, 1984; Storey, 1992; Amirant et al., 2004; Li et al., 2005).

Em consequência ao choque térmico causado por queda de temperatura em taxas superiores as indicadas para a espécie, tem-se alterações em modo anormal de movimento e queda de motilidade espermática, lesões em membranas, redução do metabolismo e perda de alguns componentes intracelulares (Aurich, 2005).

Durante a fase de queda de temperatura os lipídios da membrana plasmática passam de um estado de fluido para estado de gel, esta fase de transição no sêmen equino ocorre por volta dos 20°C onde cada tipo de lipídio passa por esta fase em temperaturas diferentes (Amann; Graham, 1993).

Segundo Moran et al. (1992) a taxa de refrigeração deve ser controlada principalmente entre 19 e 9°C considerado o ponto mais crítico de queda de temperatura, fase em que mais ocorre lesões nas membranas espermáticas. Temperaturas baixas também alteram proteínas intracelulares, afetando funções enzimáticas e o transporte transmembrana por proteínas (Amann; Graham, 1993).

Em estudo Farrás et al. (2008) encontraram uma curva de resfriamento de -0,1°C/min nos primeiros trinta minutos e de -0,05°C/min após os trinta minutos, dessa forma evita um possível choque térmico aos espermatozoides.

Um equipamento especialmente desenvolvido para conservar o sêmen e manter bons índices de fertilidade deve obedecer às curvas de refrigeração já adotadas como mais eficientes para espécie, visto que a temperatura ideal é de 5°C no entanto alguns animais alguns ganhões apresentam bom índices com temperatura próximas a 15°C (Aurich, 2005).

Squires et al. (1999) correlacionam a queda de 50% na motilidade o dos espermatozoides com a redução de 10°C, e manutenção de 10% do metabolismo para se manterem viáveis a 5°C.

Province et al. (1985) verificou que o sêmen estocado a 20 e 5°C armazenado por 36 horas apresentou valores maiores de motilidade do que os armazenados a 10 e 5°C. Em contrapartida Varner, et al. (1989) constataram em trabalho realizado que a estocagem a 4 e 5°C por 24 horas obteve maior motilidade espermática que entre 20 e 25°C.

O estresse oxidativo é favorecido devido à alta concentração de ácidos graxos na membrana plasmática desta célula (Aurich, 2005). Ficando assim exposto a desestabilização pelos radicais livres gerados pela própria célula espermática (Ball et al., 2001).

Alguns ganhões respondem melhor a estocagem do sêmen a 15°C por 24 horas do que a 20°C, com maior viabilidade espermática e índices de prenhes (Batellier et al., 2001). Já Love et al. (2005) constataram efeito positivo sobre a integridade da cromatina espermática a temperatura de 5°C, de 7 a 46 horas de armazenamento do sêmen quando comparado a temperatura de 20°C.

Para prolongar a sobrevivência da célula espermática durante processo de refrigeração e transporte, soluções diluidoras são adicionadas ao sêmen para com intuito de os proteger de condições desfavoráveis a sua sobrevivência, além de aumentar o volume da dose inseminante e auxiliar nas análises do sêmen (Pickett Shiner, 1994; Ball, 1998; Darenius, 1998).

2.4 DILUIDORES

O uso de diluidores de sêmen possui benefício de reduzir a concentração do plasma, controlar o PH e a osmolaridade, esses fatores fora dos padrões normais provocam queda na motilidade progressiva e danos irreversíveis a célula espermática (Griggers et al., 2001).

Nunes, et al. (2006) citam que os constituintes de diluidores mais utilizados são a base de leite ou gema de ovo podendo estar os dois associados, também são acrescentados aos meios antibióticos, tampões, açúcares e recentemente vem sendo investigados substâncias indutoras de funcionalidade da célula espermática e melhor preservação do ejaculado de garanhões com qualidade espermática inferior.

Em trabalho realizado, Ferreira (1993) comparou dois diluentes sendo uma base de gema de ovo e outro a base de leite em sêmen de asinino pelo método de refrigeração ativa entre 4 e 6°C, após 24 horas a amostra de sêmen a base de gema de ovo apresentou maior motilidade espermática total, progressivo vigor.

A ação protetora contra o choque térmico conferido pela gema do ovo ao espermatozoide se deve as lipoproteínas de baixa densidade (Amann Graham, 1993). Em contradição Pugliesi (2009) constatou que diluidor seminal citado por Foote (2002) composto por glicina-gema de ovo não foi eficaz em preservar a motilidade e vigor espermático, não possibilita a obtenção de bons índices de fertilidade do sêmen equino quando resfriado por 5°C por 24 horas.

Os componentes do leite conferem proteção à célula espermática devido exercer efeitos antioxidantes (Batellier et al., 2001). No entanto grande parte dos pesquisadores tem preferência pela gema de ovo como um dos constituintes do diluidor (Pugliesi, 2009).

Em estudo Squires, et al. (1989) testaram volumes de 10 e 100 ml na concentração de 250 milhões de espermatozoides moveis na inseminação artificial e obtiveram taxa de recuperação embrionária de 70,6% e 13,6% respectivamente.

Corroborando com esse estudo, Nunes et al. (2006) que demonstraram bons índices de prenhes na inseminação artificial com volumes de 10 a 70ml.

Xavier (2006) obteve bons índices de fertilidade com doses inseminantes de 100 e 500 milhões de espermatozoides viáveis em doses de 3 e 15 ml respectivamente de sêmen diluído. Varner (2003) constatou que pode haver redução da concentração espermática com sêmen resfriado em até 100 vezes se for depositado perto da junção úterotubária, com pipeta flexível ou por meio da inseminação histeroscópica.

2.5 CONCENTRAÇÃO ESPERMÁTICA

Ao se trabalhar com sêmen equino refrigerado por mais de 36 horas Douglas-Hamilton et al. (1984) verifica uma queda de 50% da motilidade, utilizando assim uma concentração $1,0 - 1,5 \times 10^9$ espermatozoides totais onde no momento da inseminação acredita-se que a concentração deva ser 500 milhões.

Trabalho realizado por Ball (2005) preconiza uma concentração espermática de 500×10^6 de espermatozoides móveis a ser utilizado na inseminação artificial com sêmen refrigerado. Corroborando com trabalho de Pickett e Shiner (1994) que aconselha que ao se trabalhar com rebanhos desconhecidos a concentração espermática mínima com motilidade progressiva é 500×10^6 utilizada na inseminação artificial.

A possibilidade de uma concentração menor de espermatozoides na inseminação artificial é citada por Brandão et al. (2003) quando os espermatozoides são viáveis por maior período de tempo no trato reprodutivo da égua. Entretanto Katila (2001) menciona que ainda não está bem esclarecida qual a influência do volume utilizado na inseminação sobre o transporte dos espermatozoides no trato reprodutivo da égua.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi submetido ao conselho de ética e após a aprovação pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Rondônia – UNIR e após a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido pelos proprietários, foram utilizados 7 garanhões da raça quarto de milha, puros, com

peso médio de 450 kg, com idades entre 3 e 8 anos, hígidos, alojados em ranchos localizados em Rolim de Moura na zona da mata rondoniense.

Essa pesquisa trata-se de um procedimento experimental classificada como mista, de natureza quantitativa, de acordo com as especificações de Pereira et al. (2018).

Os animais participantes do estudo estavam em plena atividade reprodutiva da estação de monta no período de colheita de amostras de sêmen. E também foram submetidos ao mesmo manejo alimentar e sanitário.

Foram coletadas todas as amostras de sêmen e divididas em quatro momentos de análise conforme descrito abaixo:

M0 – M12 – M24 – M36, onde M0 refere-se a análise do sêmen fresco logo após a coleta, M12 refere-se a análise do sêmen 12 horas após a coleta, M24 refere-se a análise do sêmen 24 horas após a coleta e M36 refere-se a análise do sêmen 36 horas após a coleta.

3.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado um manequim vivo manifestando cio, com intuito de provocar o garanhão a efetuar a monta para que possa ser feito o desvio do pênis para a vagina artificial. Sendo essa composta por um tubo rígido com válvula, mucosa de látex, cone flexível e tubo de colheita, recoberto por capa de térmica, preenchida com água morna na temperatura entre 39 – 45° C.

Depois de observada a ejaculação abre-se a válvula da vagina artificial para a saída de água, dessa forma diminuirá a pressão exercida sobre o pênis para que não seja lesionado, em seguida adicionar um diluente extensor junto ao ejaculado.

Após o sêmen ser diluído foi colocado em uma caixa de transporte e armazenamento, denominado *container* com temperatura controlada e ser submetido a uma baixa gradativa de temperatura até atingir uma estabilidade de 5°C. Divididos e armazenados em recipiente de plástico.

As avaliações espermáticas foram feitas retirando pequenas quantidade de sêmen sendo a primeira após a coleta (hora 0) as demais amostras armazenadas, sendo avaliadas a cada 12 horas (0, 12, 24, 36) por 36 horas. No momento da avaliação procedia com aquecimento da amostra a 37°C em seguida adicionando uma gota em uma lâmina de vidro aquecida e sobrepondo uma lamínula e com auxílio de um microscópio avaliando parâmetros de motilidade e vigor, em seguida faz a diluição

de 1 gota de sêmen para 19 de água destilada, preenchendo os retículos da câmara de “neubauer” e posteriormente a contagem de 5 quadrados de cada retículo, as médias obtidas em cada retículo foram calculadas utilizando a equação.

$$[] = N \times V \times M \times 106 \quad (1)$$

Onde:

[]= Concentração

N= Número de espermatozoides

V= Volume

M= Motilidade

3.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 7 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, através do programa estatístico SAS (2001), em que adotou-se $\alpha = 0,05$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que se referem aos resultados, os valores médios encontrados foram expressos da Tabela 1. Foram avaliadas as características físicas do sêmen como concentração, motilidade e vigor das amostras de sêmen coletadas dos sete ganhões.

Tabela 1: Análise de variância e regressão para valores médios de características físicas do sêmen.

Horas (H)	Variáveis		
	Concentração	Motilidade	Vigor
0	34120952,3	52,8	3,57
12	28685238,0	45,0	3,00
24	17186772,4	24,6	2,00
36	11844691,3	13,2	1,33
Coeficiente de Variação, %	92,8	80,8	39,7
Probabilidade (linear)	0,2491	0,0639	0,0001
Equação	Y=23371070	Y=34,7	Y=3,63379-0,06434*H
R ²	-	-	0,45

Fonte: Os autores.

Com relação à concentração, constatou-se que não houve diferença significativa nos quatro momentos avaliados ($P>0,05$), onde houve uma redução média de 23.371.070 espermatozoides/ml do momento da primeira avaliação a última, mantendo bons níveis de concentração coincido com resultados encontrados por Brandão et al. (2003) que, constatou níveis satisfatório de fertilidade com doses inseminastes de 200 a 400 milhões de espermatozoide com movimentos progressivos. Confirmando Varner et al. (1987) constataram superioridade na taxa de concentração de 25 milhões de espermatozoides/ml sendo ideal para sêmen diluído. A concentração espermática tem fundamental importância na utilização de sêmen resfriado possibilitando o fracionamento e aumentando o número de dose inseminante quando necessário e apresentar bons resultados para as outras análises subjetivas de avaliação motilidade e vigor.

Em relação a motilidade não houve diferença significativa nos quatro momentos avaliados ($P>0,05$) constatando decréscimo de 34,7% do momento da primeira avaliação na hora 0 a última hora 36. O que corrobora com os resultados obtidos por Douglas-Hamilton et al. (1984) ao constatarem a redução de 50% de motilidade do sêmen equino refrigerado por mais de 36 horas ao comparar com doses inseminante. Fato que pode estar associado com regulação do influxo de cálcio que é afetado pelo resfriamento, cooperando para o início das reações fusogênicas entre as membranas plasmáticas e acrossomal externa (Oliveira, 2013).

A motilidade é uma análise clássica utilizada para avaliação do sêmen, sendo ele fresco, resfriado ou descongelado (Arruda et al., 2007). Sendo uma técnica de grande valor e muito empregada na rotina laboratorial, especialmente para determinar a qualidade seminal (Arruda et al., 2011). Vale ressaltar, que a motilidade não tem correlação direta com a capacidade fecundante, existindo outros fatores envolvidos que podem a predizer melhor (Carvalho; Papa, 2003).

Foi observado diferença significativa na avaliação de vigor espermática ($P<0,05$) evidenciando redução de 0,06434 por hora decorrida. Fato que também diferenciou em pesquisa realizada por Pugliesi (2009) ao comparar dois diluidores, que juntamente ao sêmen foi resfriado a 5° C por 24 horas.

Vários estudiosos encontraram adequado resultado ao trabalharem com sêmen refrigerado a 5°c por 24 horas (Province, 1985; Varner, 1989; Ferreira, 1993; Squires, 1999 Farrás, 2008). Em contrapartida Pugliesi (2009) obteve índices insatisfatórios de

motilidade e vigor espermáticos de sêmen equino resfriado por 24 horas ao testar o diluidor seminal citado por Foote (2002).

Outros pesquisadores contataram a eficácia do uso da técnica de resfriamento na preservação do sêmen durante transporte e armazenamento por períodos superiores chegando a 48 horas mantendo a temperatura de 5°C (Silva Filho et al., 1997; Vale Filho et al., 2011).

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que os ganhões avaliados não sofreram alterações significativas nos parâmetros de concentração e motilidade do sêmen após seu resfriamento a 5°C por 36 horas, tendo alterações significativas apenas no vigor espermático, obtendo taxas satisfatórias nos momentos 0, 12 e 24 horas para ambos os parâmetros. Sabendo-se que a motilidade, concentração e vigor são características que não possuem uma correlação única com a fertilidade, sendo necessário como teste confirmatório para capacidade de fecundação da célula espermática a avaliação de taxas de prenhes com esses sêmens. Para trabalhos futuros na área, sugere-se utilização de outros diluidores como leite, gema de ovo ou associação de ambos. Investigar a influência dos diluidores sob a relação tempo e viabilidade do sêmen, pode contribuir para uma compreensão mais aprofundada sobre o potencial do uso do sêmen equino congelado.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, J. G.; STOREY, B. T. Evidence for increased lipid peroxidative damage and loss of superoxide dismutase activity as a mode of sublethal cryodamage to human sperm during cryopreservation. **Journal of Andrology**, v. 13, p. 232-241, 1992.
- AMANN R. P.; GRAHAM, J. K. Spermatozoal function. *In*: MCKINNON, A. O., VOSS, J. L. (Eds.). **Equine reproduction**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993. p. 715-745. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S151635982012001200005>
- AMIRAT, L. et al. Bull semen in vitro fertility after cryopreservation using egg yolk LDL: a comparison with Optidyl, a commercial egg yolk extender. **Theriogenology**, v. 61, p. 895-907, 2004. Doi: 10.1016/S0093-691X(03)00259-0
- AURICH, C. (2005). Factors affecting the plasma membrane function of cooled-stored stallion spermatozoa. **Anim Reprod Sci.**, v. 89, p. 65-75. Doi: 10.1016/j.anireprosci.2005.06.025
- AVANZI, B. R. et al. Efficiency of different cooling and storage systems for maintaining equine semen viability in a hot environment. **Animal Reproduction Science**, v. 94, p. 152-154, 2006. Doi: 10.1016/j.anireprosci.2006.03.042
- BALL, B. A. Evaluation and use of transported equine semen. *In*: EQUINE ASSISTED REPRODUCTIVE TECHNOLOGY WORKSHOP, 1998, Davis. **Proceedings...** Davis. p. 18-24.
- BALL, B. A. Hysteroscopic and low-dose insemination techniques. *In*: CONGRESSO NAZIONALE MULTISALASIVE, 11, 2005, Pisa. **Proceedings...** Pisa, 3p.
- BALL, B. A.; MEDINA, V.; GRAVANCE C. G.; BAUMBE, J. Effect of antioxidants on preservation of motility, viability and acrosomal integrity of equine spermatozoa during storage at 5 degrees C. **Theriogenology**, v. 56, p. 577-89, 2001.
- BATELLIER, F. et al. Advances in cooled semen technology. **Anim Reprod Sci.**, v. 68, p. 181-190, 2001.
- BOE-HANSEN, G. B., ERSBØLL, A. K., GREVE, T., CHRISTENSEN, P. Increasing storage time of extended boar semen reduces sperm DNA integrity. **Theriogenology**, v. 63, 2006-2019, 2005.
- BRANDÃO, F. Z. et al. Efeito da concentração espermática e do número de inseminações artificiais sobre a fertilidade de éguas inseminadas com sêmen fresco diluído. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 55, p. 61-67, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352003000100009>
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. CNA. **Estudo do complexo do agronegócio do cavalo no Brasil**. Brasília: CAN, 2006.
- DARENIUS, A. Experiences with chilled, transported equine semen. *In*: STALLION REPRODUCTION SYMPOSIUM. **Proceedings...** Montgomery, AL: Society for Theriogenology, American Association of Equine Practitioners, 1998. p. 60-70.

DOUGLAS- HAMILTON, D. H. et al. (1984). A field study of the fertility of transported equine semen. **Theriogenology**, v. 22, p. 291-304.

FARRAS, M. C. et al. Efeito de diferentes diluentes na manutenção das características do sêmen equino em dois sistemas de refrigeração passiva. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 3, p. 693-699, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/cab.v9i3.521>

FERREIRA, M. F. L. **Efeito de diluente e taxa de resfriamento sobre a motilidade espermática e fertilidade do sêmen de jumento**. 1993. 67f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Minas gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG, 1993.

FOOTE, R. H. (2002). Within-herd use of boar sêmen at 5 °C, with a note on eletronic monitoring of oestrus. **Reproduction Domestic Animal**, v. 37, p. 62-63.

FUNAHASHI, H.; SANO, T. Select antioxidants improve the function of extended boar semen stored at 10°C. *Theriogenology*. 63, 605-1616, 2005.

GARNER, D. L., HAFEZ, E. S. E. Espermatozóide e plasma seminal. In: HAFEZ, E. S. E. **Reprodução animal**. Barueri: Manole, 2004. v. 7, p. 97-110.

GRAHAM, J. Assessment of sperm quality. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON STALLION REPRODUCTION, 3, 2001, Fort Collins. **Proceedings...** Fort Collins: ISSR, 23.

GRIGGER, S. et al. The effects of pH, osmolarity and urine contamination on equine spermatozoal motility. **Theriogenology**, v. 56, p. 613-622, 2001.

HOPKINS, F. M., MEADOWS, D. G. Cooled Shippd Horse Sêmen. In: **Equifacts**. The University off Tennessee. Disponível em: <https://extension.tennessee.edu/>

KANKOFER, M., KOLM, G., AURICH, J., AURICH, C. Activity of glutathione peroxidase, superoxide dismutase and catalase and lipid peroxidation intensity in stallion semen during storage at 5°C. **Theriogenology**, v. 63, p. 354-1365, 2005.

KATILA, T. Sperm-uterine interactions: a review. **Anim Reprod Sci.**, v. 68, p. 267-272, 2001.

LI, Y. H. et al. Crypreservation of cynomolgus monkey (*Macaca fascicularis*) spermatozoa in a chemically defined extender. **Asian Journal of Andrology**, v. 7, p. 139-144, 2005.

LOOMIS, P. R., SQUIRES, E. L. Frozen semen management in equine breeding programs. **Theriogenology**, v. 64, p. 480-491, 2005. Doi: 10.1016/j.theriogenology.2005.05.028

LOVE, C. C. et al. Relationship of seminal plasma level and extender type to sperm motility and DNA integrity. **Theriogenology**, v. 63, p. 1584-1591, 2005. Doi: 10.1016/j.theriogenology.2004.05.030

MACHADO, M. S. et al. Efeitos de diferentes sistemas de transporte sobre a qualidade do sêmen refrigerado equino. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 26, p. 194-196, 2002.

MALMGREN, L. Effectiveness of two systems for transporting equine semen. **Theriogenology**, v. 50, p. 833-839, 1998.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Revisão do estudo do complexo do agronegócio do cavalo*. Brasília, 2016.

MAZUR, P. Freezing of living cells: mechanisms and implications. **The American Journal of Physiology**, v. 247, p. 125-142, 1984.

NUNES, D. B. **Container (CP) para refrigeração e preservação do sêmen equino**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande- MS, 68, 2006.

OBRINSKY, I., LULA, I. et al. Effects of four different extenders and three different freezing rates on post-thaw viability of dog semen. **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 47, p. 291-296, 1993.

PAPA F. O. et al. Inovações metodológicas na biotecnologia de refrigeração e congelamento de sêmen equino. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE EMBRIÕES*, 19, 2005, Angra dos Reis. **Anais...** Angra dos Reis, SBTE, 2005. p. 19-27.

PEREIRA A. S. et al. **Metodologia da pesquisa científica**. UFSM, 2018. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/358/2019/02/Metodologia-da-PesquisaCientifica_final.pdf.

PICKETT, B. W.; SHINER, K. A. Recent developments in artificial insemination in horses. **Liv Prod Sci.**, v. 40, p. 31-36, 1994.

POMMER, A. C., RUTLANT, J., MEYERS, S. A., The role of osmotic resistance on equine spermatozoa function. **Theriogenology**, v. 58, p. 1373-1384, 2002.

PROVINCE, C. A. et al. Cooling rates, storage temperatures and fertility of extended equine spermatozoa. **Theriogenology**, v. 23, p. 925-934, 1985.

PUGLIESI, G. **Viabilidade e fertilidade do sêmen equino resfriado a 5°C por 24 horas com dois diluidores**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

ROCHA, A. S. **Efeito da associação da asolctina e fosfatidilcolina de soja em meio à base de gema de ovo sobre os parâmetros espermáticos e fertilidade de sêmen congelado de garanhões**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, 2012.

SILVA FILHO, J. M. **Aspectos do manejo reprodutivo e do sêmen na inseminação artificial de éguas**. Tese (Doutorado em Reprodução Animal) – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, MG, 1994.

SILVA FILHO, J. M. et al. Fertilidade do sêmen eqüino diluído, resfriado e transportado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 6, p. 1134-1141, 1997.

SQUIRES, E. L. et al. **Cooled and frozen stallion semen fort collins**: Animal Reproduction and Biotechnology Laboratory. 1999. p. 1-38. (Bulletin, 9).

SQUIRES, E. L., BARNES, C. K., ROWLEY, H. S. Effect of uterine fluid and volume of extender on fertility. *In*: ANNUAL CONVENTION OF AMERICAN ASSOCIATION OF EQUINE PRACTITIONERS, 35, 1989, Boston. **Proceedings...** Boston: American Association of Equine Practitioners, p. 25-30.

TROEDSSON, M. H. T. (1999). Uterine clearance and resistance to persistent endometritis in mare. **Theriogenology**, v. 52, p. 461-471.

VALE FILHO, V. R., VALLE, G. R., NASCIMENTO, E. F. Patologia Espermática. *In*: **Patologia da Reprodução dos Animais Domésticos**. Rio de Janeiro, 2011. v. 3, p. 129-149.

VALLE, G. R., SILVA FILHO, J. M., PALHARES, M. S., MELO, M. A., MAGNAGO, L. G. P. Utilização de um container modelo Celle modificado para resfriamento e transporte de sêmen eqüino. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 51, p. 505-514, 1999.

VARNER, D. D. Technical considerations for cool transported equine semen. *In*: CONGRESSO NAZIONALE MULTISALA SIVE, 9, 20032003, Pisa. **Proceedings...** 7.

VARNER, D. D., BLANCHARD T. L., MEYERS, P. J., MEYERS, S. A. Fertilizing capacity of equine spermatozoa stored for 24 hours at 5 or 20°C. **Theriogenology**, v. 32, n. 4, p. 515-525, 1989.

XAVIER, I. L. G. S. **Fertilidade de éguas inseminadas com sêmen a fresco diluído, no corpo ou ápice do corno uterino, utilizando diferentes números de espermatozóides por dose inseminante**. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

CAPÍTULO 4

INFLUENCE OF PURIFICATION TECHNIQUES WITH HYDROCHLORIC ACID AND AUTOCLAVE ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF SAND IN AGRICULTURAL EXPERIMENTS

Oscar Fontão de Lima Filho

PhD in Sciences (Plant Mineral Nutrition / Nuclear Energy in Agriculture)

Institution: Embrapa Hortaliças

Address: Brasília, Distrito Federal, Brazil

E-mail: oscar.fontao@embrapa.br

ABSTRACT: The use of sand as a substrate in nutritional studies is frequent, but there is no formal protocol for cleaning and purifying this substrate for various agronomic studies, including those related to plant nutrition. The study aimed to evaluate the changes in chemical attributes resulting from the cleaning and purification of common construction sand. The experimental study, of a quantitative nature, was carried out under greenhouse and laboratory conditions. An experiment was carried out whose treatments were levels of hydrochloric acid (HCl) concentration, immersion times in the acid solution, and purification in an autoclave. It was found that sterilization in an autoclave significantly decreased the pH of the sand and increased the phosphorus content. From a day of rest with HCl, the decrease in the pH of the sand was significant. On the other hand, the phosphorus content increased linearly with the immersion time in HCl. The use of HCl completely eliminated the levels of potassium, calcium, magnesium, and copper, and significantly decreased the contents of iron and manganese (above 70%) and zinc (above 80%). To exhaust or significantly decrease the levels of nutrients present in the sand, one should use 3% HCl, without rest, for phosphorus and one day of incubation for potassium, calcium, magnesium, and copper, iron, manganese, and zinc.

KEYWORDS: Substrate; Macronutrient; Micronutrient; Sterilization.

RESUMO: O uso da areia como substrato em estudos nutricionais é frequente, porém não há um protocolo formal de limpeza e purificação desse substrato para os diversos estudos agrônômicos, incluindo aqueles ligados à nutrição de plantas. O estudo teve como objetivo avaliar as alterações de atributos químicos resultantes da limpeza e purificação da areia de construção comum. O estudo experimental, de natureza quantitativa, foi realizado em condições de casa de vegetação e laboratório. Foi realizado um experimento cujos tratamentos foram níveis de concentração de ácido clorídrico (HCl), tempos de imersão na solução ácida e purificação em autoclave. Constatou-se que a esterilização em autoclave diminuiu significativamente o pH da areia e aumentou o teor de fósforo. A partir de um dia de repouso com HCl, a diminuição no pH da areia foi significativa. Por outro lado, o teor de fósforo aumentou linearmente com o tempo de imersão em HCl. O uso de HCl eliminou totalmente os níveis de potássio, cálcio, magnésio e cobre, e diminuiu consideravelmente os teores de ferro e manganês (acima de 70%) e zinco (acima de 80%). Para exaurir ou diminuir significativamente os níveis de nutrientes presentes na areia, deve-se utilizar HCl a

3%, sem repouso, para fósforo e um dia de incubação para potássio, cálcio, magnésio e cobre, ferro, manganês e zinco.

PALAVRAS-CHAVE: Substrato; Macronutriente; Micronutriente; Esterilização.

1. INTRODUCTION

The use of sand as a substrate in agronomic trials, particularly in nutritional studies involving vegetables, cereals, legumes, or grasses, for instance, has its advantages and disadvantages compared to strictly hydroponic cultivation. Sand, a low-cost material closer to soil cultivation conditions, allows roots to develop in darkness at a consistent and suitable temperature, along with efficient drainage. On the other hand, sand requires constant monitoring of moisture levels. Trials using sand have simpler nutrient management compared to hydroponic systems, where nutritional management requires constant monitoring and greater technical knowledge. However, strictly hydroponic cultivation provides more precise control over the quantity of nutrients supplied and requires less water usage. Plant support and substrate aeration are more natural, eliminating the need for artificial aeration apparatus, making cultivation easier to manage.

When studying a specific nutrient, it's essential to consider its absence or varying levels in the substrate. In such cases, the sand should undergo thorough cleaning through successive washings to eliminate impurities and various chemical elements. Additionally, it's crucial to seal pots or work in protected environments to prevent air contamination (e.g., dust), especially when dealing with micronutrients. Even well-washed sand may still contain reasonable levels of iron (Fe), which can reduce the need for additional iron supplementation. Consistent attention to irrigation is also necessary. In nutrient solutions, particular care should be taken with iron (Fe) to avoid chlorosis associated with deficiency.

Several products can be used for soil remediation due to different types of contamination, such as inorganic pollutants (heavy metals) and organic pollutants (petroleum hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons) (Anning; Akoto, 2018; Dardouri; Sghaier, 2018). In these situations, several products are recommended, depending on the specificity of each situation, including inorganic agents (water, alkaline hydroxides, salts), organic and inorganic acids, and organic and inorganic chelating agents.

Hydrochloric acid is one of the agents used for cleaning polluted soils, being effective in removing Cu and Zn. It also significantly reduces the levels of Al, Fe, Mg, Mn, and dissolved organic matter, which often may not be plausible for soil decontamination, including due to the generation of wastewater (Yoo et al., 2018; Liu

et al., 2021). However, its use for cleaning sand for agronomic experimentation is interesting due to the low concentration and volumes used and efficiency in reducing or eliminating chemical elements.

Sand, due to its relatively large particles, has a low specific surface area with little capacity for water and nutrient retention (Brady; Weil, 2013). The presence of contaminants such as silty-clayey material, iron and/or manganese hydroxides, and associated nutrients in sand (Ferreira; Daitx, 2003), even in small quantities, is the main disadvantage compared to hydroponics for nutritional studies, particularly with micronutrients. However, sand allows the added nutrient solution to have a lower pH without significantly affecting the plant's root system. The same can be said for potentially toxic elements, requiring higher doses compared to pure nutrient solution to affect the plant. This fact is linked to the lower diffusion of nutrients in the medium and their adsorption to sand particles (Hewitt, 1966).

Sand purification for agronomic experimentation can be carried out for the total or partial elimination of nutrients, or alternatively, with the concurrent use of autoclaving, which eliminates substrate biota through high-pressure steam. It is essential for studies requiring different and controlled levels of specific nutrients in the substrate or for studies involving microorganisms, such as symbiotic nitrogen (N) fixation.

Moist heat sterilization in an autoclave is the most commonly used method in laboratories. It offers an excellent option in terms of both time and cost, with good performance in sterilizing bacteria and fungi (Querejeta, 2023; Li et al., 2023). Research on nutrient solutions is longstanding, as are studies that combine nutrient solution with sand or similar solid substances to soil (McCall, 1916), aiming to eliminate undesirable variables for a particular objective, such as other elements besides the one under study or microorganisms.

Knowledge of acid use for sand cleaning, especially for industrial purposes in glass and mirror manufacturing, dates back to early literature, such as Curtin and Parker (1940) and Earle (1934). Sand purification with acidic solutions for agronomic purposes is based on separating adsorbed elements in substrate oxides through leaching. In this process of sand washing, nutrients dissolve in the aqueous and/or acidic solution of the leaching agent, specifically in the case of sand (Heck, 2007).

Typically, the literature mentions the use of washed sand with or without hydrochloric acid. However, it often lacks specific details regarding concentration and

cleaning methodology. Given this lack of specificity, our study aimed to evaluate the chemical attribute changes resulting from cleaning common construction sand. We employed hydrochloric acid for this purpose, with or without autoclave sterilization, focusing on its application in agronomic research, particularly related to soil fertility and plant nutrition.

2. METHODOLOGY

For references on methods of studying plant nutrition and fertility in sand and nutrient solution, one can refer to fundamental works in the field, such as Hewitt (1966), Silva (2009), and Maathuis (2013). These books provide support for the methodology employed in this study.

Plots of 400 g of commercial sand sourced from a single supplier were utilized to conduct two experiments following a completely randomized design. These experiments were structured in a 2x3x2 factorial scheme with two supplementary treatments, each replicated four times. Additionally, a third experiment was carried out to validate the findings from the initial two experiments. This validation study involved four distinct samples of commercial sand and was organized in a completely randomized design with a 4x3 factorial arrangement, replicated four times.

To maintain a uniform washing methodology, each experimental unit consisted of 400 g of sand, placed in a plastic tray with a width of 360 cm and a length of 44 cm. The washing process involved tap water (two liters, manually agitated for 30 seconds), followed by draining the water after settling, repeated five times. Next, the same procedure was performed with distilled water, added in sufficient volume for the sand to be covered by a three-centimeter column above the surface. For acid treatments, after the described procedure, the sand was washed with hydrochloric acid (31.5% HCl solution by weight of commercial product), diluted according to the treatment, leaving the solution three centimeters above the sand. Then, a uniform mixture between the sand and the acid solution was made, followed by a resting period according to the treatment. Finally, the acid solution was drained, and the sand was washed again with distilled water as mentioned earlier. In treatments involving sterilization, moist heat was applied in an autoclave at 122°C and 1.7 kgf/cm² pressure for 60 minutes. This procedure was carried out following the final wash.

The analyses of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn), sum of bases (SB), base saturation (BS%), cation exchange capacity (CEC) – potential and effective, pH, and organic matter (OM) were performed according to Teixeira et al. (2017). Statistical analyses were performed using the Sisvar program (Ferreira, 2014), with means compared using the t-test at a 1% probability level.

2.1. EXPERIMENT 1

The treatments, distributed in a factorial scheme, consisted of autoclaving (with and without), three concentrations of HCl (3%, 5%, and 10%), and two resting times (24 and 168 hours, equivalent to 1 and 7 days).

Two additional treatments were also evaluated: no washing and washing with running water + deionized water (five times), as follows: T1) no washing; T2) washing with running water + deionized water (five times); T3) HCl 3%, without autoclaving + 1 day rest (24 hours); T4) HCl 5%, without autoclaving + 1 day rest (24 hours); T5) HCl 10%, without autoclaving + 1 day rest (24 hours); T6) HCl 3%, without autoclaving + 7 day rest (168 hours); T7) HCl 5%, without autoclaving + 7 day rest (168 hours); T8) HCl 10%, without autoclaving + 7 day rest (168 hours); T9) HCl 3%, with autoclave + 1 day rest (24 hours); T10) HCl 5%, with autoclave + 1 day rest (24 hours); T11) HCl 10%, with autoclave + 1 day rest (24 hours); T12) HCl 3%, with autoclave + 7 day rest (168 hours); T13) HCl 5%, with autoclave + 7 day rest (168 hours); T14) HCl 10%, with autoclave + 7 day rest (168 hours). Treatments T3 to T14 include washings with water before and after mixing the sand with the acid solution.

2.2. EXPERIMENT 2

In this experiment, only one concentration of HCl, presence or absence of autoclaving, and six resting times (0, 24, 48, 72, 96, and 168 hours, equivalent to 0, 1, 2, 3, 4, and 7 days) were used in a factorial scheme. As in experiment 1, two additional treatments were evaluated: no washing and washing with running water + deionized water (five times), as follows: T1) no washing; T2) washing with running water + deionized water five times; T3) HCl 3%, without autoclaving, without rest (0 hours); T4) HCl 3%, without autoclaving + 1-day rest (24 hours); T5) HCl 3%, without autoclaving

+ 2-day rest (48 hours); T6) HCl 3%, without autoclaving + 3-day rest (72 hours); T7) HCl 3%, without autoclaving + 4-day rest (96 hours); T8) HCl 3%, without autoclaving + 7-day rest (168 hours); T9) HCl 3%, with autoclave, without rest (0 hours); T10) HCl 3%, with autoclave + 1-day rest (24 hours); T11) HCl 3%, with autoclave + 2-day rest (48 hours); T12) HCl 3%, with autoclave + 3-day rest (72 hours); T13) HCl 3%, with autoclave + 4-day rest (96 hours); T14) HCl 3%, with autoclave + 7-day rest (168 hours). Treatments T3 to T14 include washings with water before and after mixing the sand with the acid solution.

2.3. EXPERIMENT 3

The treatments, distributed in a factorial scheme, consisted of four samples of commercial sands with plots of 400 g and three washing levels (no washing and washing with HCl followed by a 24 or 168-hour rest). For each tested sand, the following treatments were used: T1) no washing; T2) HCl 3% + 1-day rest (24 hours); T3) HCl 3% + 7-day rest (168 hours). Treatments T2 to T3 include washings with water before and after mixing the sand with the acid solution.

To maintain a uniform washing methodology, each experimental unit consisted of 400 g of sand, placed in a plastic tray with a width of 360 cm and a length of 44 cm. The washing process involved tap water (two liters, manually agitated for 30 seconds), followed by draining the water after settling, repeated five times. Next, the same procedure was performed with distilled water, added in sufficient volume for the sand to be covered by a three-centimeter column above the surface. For acid treatments, after the described procedure, the sand was washed with hydrochloric acid (31.5% HCl solution by weight of commercial product), diluted according to the treatment, leaving the solution three centimeters above the sand. Then, a uniform mixture between the sand and the acid solution was made, followed by a resting period according to the treatment. Finally, the acid solution was drained, and the sand was washed again with distilled water as mentioned earlier. For autoclaving treatments (122 °C and 1.7 kgf cm⁻² pressure for 60 minutes), this was done after the final wash.

The analyses of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn), sum of bases (SB), base saturation (BS%), cation exchange capacity (CEC) – potential and effective, pH, and organic matter (OM) were performed according to Teixeira et al.

(2017). Statistical analyses were performed using the Sisvar program (Ferreira, 2014), with means compared using the t-test at a 1% probability level.

3. RESULTS AND DISCUSSION

When cleaning sand for agronomic experimentation, a simple and efficient methodology is sought for the extraction of most nutrients, without altering the pH value, resulting in a suitable substrate.

The first step of sand cleaning involves the physical separation of coarser particles, including stones, various aggregates, organic material etc., through sieving. Subsequently, cleaning is done with tap water and, in sequence, with distilled water. At this stage, the aim is to remove silty and clayey particles and organic material, where nutrients are adsorbed. This water-only washing allows for many experiments, especially those related to N doses and other works that do not require very low or zero nutrient levels, mainly macronutrients.

In soil analyses, extracting the relevant nutrient fraction for plant nutrition studies relies on establishing a balance between the soil's solid phase and the liquid phase of the extracting solution (Cottenie, 1980), whose composition and methodology vary depending on the nutrient and laboratory/region. Common extractors include salts (KCl, CaCl₂, NaHCO₃, NH₄CH₃CO₂ etc.), acids (HCl, H₂SO₄, NH₄F, etc.), chelating agents (DTPA, EDTA, and others), and water/hot water (Havlin et al., 2005). In the case of cleaning pre-washed sand with tap and distilled water, the use of HCl solution allowed a significant decrease or complete elimination of nutrients, as will be seen later. Analysis showed a null result for unwashed or water-washed sand, which is why N levels are not indicated in the tables. Regarding the analysis of nitrogen (N), the result was undetectable for both unwashed and water-washed sand, hence there is no indication of the presence of this element in the tables.

3.1 ORGANIC MATTER

In soils, autoclaving can alter the structure of organic matter, with greater dissolution in the aqueous phase. High temperatures break the chemical bonds of organic compounds, resulting in a reduction in the amount of OM (Berns et al., 2008). However, in the present study, the organic matter (OM) content in the sand was

naturally low, less than 1 g kg⁻¹. Washing with water or supplementing with acid, at any concentration, with or without sterilization, did not practically change the OM content (Tables 1 and 3).

3.2 pH

In experiments 1 and 2, washing the sand with water did not alter the pH (Tables 1 and 3). Washing with the acidic solution, at any of the concentrations tested (Table 1), equally decreased the pH compared to the treatment without acid addition. Therefore, increasing the HCl concentration (between 3% and 10%) did not significantly modify the sand pH. However, there was a significant decrease in pH when the sand was incubated for seven days (experiment 1, Table 1). In experiment 2, this trend was observed starting from one day of incubation with the acid (Table 3). Since there is an increase in the activity of H⁺ ions by adding HCl to the washing water, the pH tends to decrease, but this decrease tends to be small if the sand is not left incubated with the HCl solution.

There was an interactive effect between resting with HCl and autoclave purification on the sand pH in experiments 1 and 2 (Tables 2 and 4), as described below.

Table 1: Parameters in the analysis of the fertility of the sand used for purification and washing test (experiment 1).

Treatment	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	pH _{water}	SB	CEC	CEC _{ef}	BS	OM
	mg dm ⁻³										cmol dm ⁻³		%	g kg ⁻¹
T1	2,7 a	11,7 a	80 a	12 a	0,35 a	70 a	10,9 a	1,8 a	7,1 a*	0,53 a	1,66 a	0,53 a	31,8 a	0,9 abcde
T2	1,9 b	5,9 b	40 b	12 a	0,20 b	84 a	10,7 a	1,4 b	7,0 a	0,32 b	1,44 b	0,32 b	22,4 b	1,0 abcd
T3	1,1 hij	2,0 cd	0 c	0 b	0,00 c	18 b	3,4 bcd	0,3 cd	6,0 b	0,01 cd	1,10 c	0,01 cd	0,4 c	1,0 abc
T4	0,9 j	2,0 cd	0 c	0 b	0,03 c	20 b	4,0 b	0,5 c	5,8 b	0,01 cd	1,05 c	0,01 cd	0,3 c	0,8 cdef
T5	1,0 ij	1,0 d	0 c	0 b	0,00 c	16 b	3,1 bcd	0,3 d	5,9 b	0,00 d	1,10 c	0,03 c	0,1 c	0,8 def
T6	2,0 b	0,0 d	0 c	0 b	0,00 c	14 b	1,2 g	0,2 d	5,4 c	0,00 d	1,10 c	0,00 d	0,0 c	0,8 bcdef
T7	1,4 efg	0,0 d	0 c	0 b	0,03 c	14 b	2,0 efg	0,2 d	5,4 c	0,00 d	1,07 c	0,00 d	0,0 c	0,7 f
T8	1,7 bcd	0,0 d	0 c	0 b	0,00 c	12 b	1,2 g	0,2 d	5,1 c	0,00 d	1,10 c	0,00 d	0,0 c	0,7 ef
T9	1,3 fgh	0,0 d	0 c	0 b	0,03 c	17 b	3,8 bc	0,4 cd	5,4 c	0,00 d	1,02 c	0,00 d	0,0 c	0,9 abcde
T10	1,3 fgh	1,0 d	0 c	0 b	0,00 c	19 b	2,9 cde	0,4 cd	5,2 c	0,00 d	1,10 c	0,00 cd	0,1 c	0,8 cdef
T11	1,2 ghi	3,9 bc	0 c	0 b	0,00 c	16 b	2,8 def	0,2c d	5,2 c	0,01 c	1,08 c	0,01 cd	0,6 c	0,7 def
T12	1,6 cde	0,0 d	0 c	0 b	0,03 c	12 b	1,4 g	0,2 d	5,1 c	0,00 d	1,07 c	0,03 cd	0,0 c	0,8 cdef
T13	1,4 efg	0,0 d	0 c	0 b	0,00 c	15 b	1,8 fg	0,2 d	5,1 c	0,00 d	1,13 c	0,00 d	0,0 c	1,1 a
T14	1,6 def	0,0 d	0 c	0 b	0,00 c	11 b	1,1 g	0,2 d	5,1c	0,00 d	1,07 c	0,00 d	0,0 c	0,7ef

*Means followed by the same letter, vertically, do not differ statistically from each other, by the t-test at the 1% probability level.

Note: T1) No Washing; T2) Washing with running water + deionized water (5 times); T3) 3% HCl, without autoclaving + 1 day rest; T4) 5% HCl, without autoclaving + 1 day rest; T5) 10% HCl, without autoclaving + 1 day rest; T6) 3% HCl, without autoclaving + 7 days rest; T7) 5% HCl, without autoclaving + 7 days rest; T8) 10% HCl, without autoclaving + 7 days rest; T9) 3% HCl, with autoclave + 1 day rest; T10) 5% HCl, with autoclave + 1 day rest; T11) 10% HCl, with autoclave + 1 day rest; T12) 3% HCl, with autoclave + 7 days rest; T13) 5% HCl, with autoclave + 7 days rest; T14) 10% HCl, with autoclave + 7 days rest. Washings with water are included in treatments T3 to T14, both before and after mixing the sand with the acid solution.

Source: The author.

Table 2: Summary of analysis of variance for pH and P, considering treatments involving the use of HCl, autoclave sterilization, and resting periods of one or seven days (T3 to T14) – experiment 1.

Autoclave (F1) Residual (F2)	D.F.	Medium squares	
		pH _{water}	P
HCl (F3)	1	2,15**	0,05 ^{ns}
F1xF2	1	1,61**	2,47**
F1xF3	2	0,09*	0,21**
F2xF3	1	0,70**	0,58**
F1xF2xF3	2	0,01 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Treatments	2	0,03 ^{ns}	0,129*
Residual	2	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Autoclave (F1)	11	0,44**	0,36**
Rest (F2)	36	0,02	0,03
CV%		2,88	12,22
Overall average		5,40	1,37

** Significant at the 1% probability level by the t-test.

* Significant at the 5% probability level by the t-test.

Source: The author.

3.3 AUTOCLAVING

In experiment 1, the use of autoclave in the one-day rest treatment, at various HCl concentrations, had a significant effect on reducing the pH more than treatments without autoclaving, compared to the treatment with water-only washing. However, with seven days of rest, without autoclaving, the pH was similar to treatments with one or seven days of rest with sterilization (Table 1). On average, there was a 17% decrease in pH when using HCl, at any concentration, for cleaning non-autoclaved sand with one day of rest. With autoclaving, under the same conditions, the decrease was 26%. With seven days of rest, there was no difference in pH with or without autoclaving, with an average decrease of 26% (Table 1).

In experiment 2, it is observed again that the presence of autoclaving had an additive effect on the decrease in sand pH, with no difference between sands with and without autoclaving only after four days of incubation (Table 3). The decrease in pH signifies greater availability of H⁺ ions, whose solubility is directly proportional to the increase in temperature and pressure of the medium, conditions achieved with the use of autoclaving after sand washing (YANG, 2012), as also observed in other studies with soil (Razavi; Lakzian, 2007), where autoclave sterilization significantly decreased soil pH. There was no effect of autoclaving on the other parameters evaluated, except for the concentration of P, as will be seen later.

3.4 PHOSPHORUS

In experiments 1 and 2, P levels decreased by about 30% and 40%, respectively, simply by washing the sand with water. However, the different concentrations of acidic solutions in experiment 1 did not practically influence the P content after washing, as the significant difference that occurred at the intermediate dose involved very close and low values (Table 1). On the other hand, the P concentration was affected by the resting time with the acid solution and substrate sterilization (Tables 2 and 4). These significant changes occurred even considering the low initial levels of the element in the sand.

In experiment 1, at any HCl concentration, with or without autoclaving, the seven-day resting period generally showed higher P levels compared to just one day of incubation (Table 1). In experiment 2, the longer the immersion time in the acid solution, the greater the tendency for P adsorption in the sand, increasing its concentration in the subsequent chemical analysis, even after thorough washing with water (Table 3, Figure 1).

Table 3: Fertility of sand washed with 3% HCl (1), with or without autoclaving, at different resting periods (experiment 2).

Treatment		P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	pH _{water}	SB	CEC	CECef	BS	OM
		mg dm ⁻³								cmol dm ⁻³		%	g kg ⁻¹		
	No washing	4,4 a*	11,7 a*	106,7 a**	12,0 a*	0,3 a*	60,9 b*	9,9a*	1,6 a	6,5 a**	0,7 a*	2,1 aa*	0,7 a*	32,3 a*	0,5 ab*
	Water washing ⁽²⁾	1,8 bc	3,9 b	60,0 b	0,0 b	0,2 b	47,6 d	7,8b	1,1 b	6,6 a	0,3 b	1,4b	0,3 bc	22,9 b	0,4 bc
No autoclaving	0 day	1,0 d	3,9 b	26,7 c	0,0 b	0,1 cd	54,9 c	7,5b	0,7 c	6,6 a	0,1 c	1,1 c	0,1 bc	12,5c	0,4 c
	1 day	1,1 cd	1,3 c	13,3 de	0,0 b	0,0 e	20,6 e	2,2c	0,3 d	5,0 c	0,1 c	1,2 bc	0,2 bc	10,2 cd	0,4 bc
	2 days	1,1 cd	0,0 c	6,7 ef	0,0 b	0,0 e	17,6 ef	1,7cd	0,3 d	5,0 c	0,0 d	1,2 bc	0,1 c	2,5 e	0,5 bc
	3 days	1,3 cd	1,3 c	0,0 f	0,0 b	0,0 e	14,8 f	1,2de	0,2 d	5,4 b	0,0 d	1,1 c	0,1 c	0,2 e	0,4 bc
	4 days	1,5 cd	0,0 c	0,0 f	0,0 b	0,0 e	16,0 ef	0,9de	0,2 d	4,8 cd	0,0d	1,0c	0,1 c	0,0 e	0,6 a
	7 days	1,8 bc	0,0 c	6,7 ef	4,0 b	0,0 e	14,3 f	0,8e	0,2 d	4,8 cd	0,1 cd	1,2 bc	0,2bc	4,6 de	0,4 bc
	0 day	1,3 cd	3,9 b	20,0 cd	4,0 b	0,1 c	69,9 a	8,2b	0,8 c	5,7 b	0,1 c	1,1 bc	0,4 b	11,9 cd	0,5 abc
With autoclaving	1 day	1,1 cd	0,0 c	6,7 ef	0,0 b	0,0e	20,7 e	2,0c	0,3 d	4,5 d	0,0 d	1,1 c	0,1 c	0,0 e	0,5 abc
	2 days	1,4 cd	0,0 c	0,0 f	0,0 b	0,0 e	17,8 ef	1,4cde	0,2 d	4,7 cd	0,0 d	1,1 c	0,1 c	0,0 e	0,5 abc
	3 days	1,6 cd	0,0 c	0,0 f	0,0b	0,0e	17,4 ef	1,2de	0,2 d	4,9 c	0,0 d	1,1 c	0,1c	0,0 e	0,4 bc
	4 days	1,8 bc	0,0 c	0,0 f	0,0 b	0,0 de	15,2 ef	1,1de	0,2 d	4,8 cd	0,0 d	1,1 c	0,1 c	0,0 e	0,4 bc
	7 days	2,4 b	1,3 c	0,0 f	0,0 b	0,0 e	15,2 ef	0,7e	0,2 d	4,7 cd	0,0 d	1,1 c	0,1 c	0,2 e	0,5 abc

Means followed by the same letter, vertically, do not differ statistically from each other, by the t-test at the 1% probability level. ** Means followed by the same letter, vertically, do not differ statistically between them, by the t-test at the 5% probability level. ns Not significant (p>0.05). (1) In treatments with resting periods from zero to seven days, with or without autoclaving, washings with water before and after mixing the sand with the acid solution are included. (2)

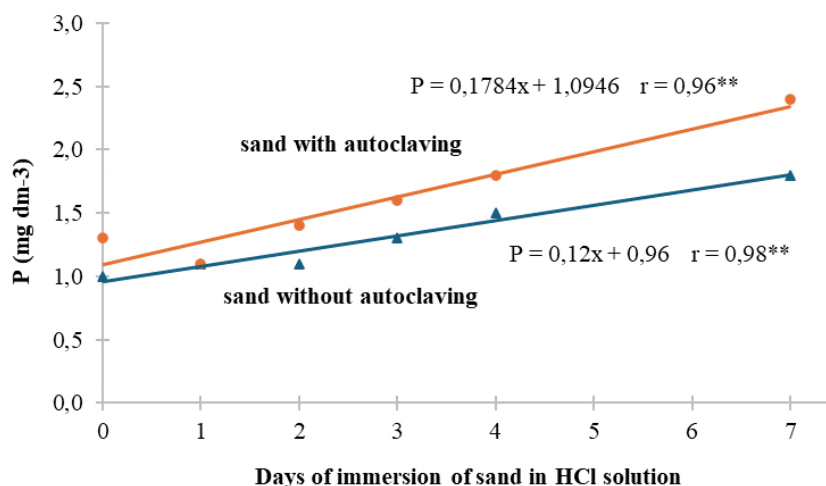
Washing with running water + deionized water (5 times)

Source: The author.

Many physical and chemical properties of the soil influence the adsorption and solubility reactions of P in the substrate, affecting its concentration in the solution. In the sand, P exists in inorganic and organic forms, although the latter has an insignificant presence due to the small amount of organic matter. In the inorganic form, P is associated with amorphous and crystalline sesquioxides, mainly of Fe, Al, and Mn, which impose sorption processes and Ca oxides, where sorption and precipitation reactions predominate. pH is the main factor controlling the forms of inorganic P, and Al, Fe, Mn, and Ca present in the substrate determine the quantities of these forms of P. For example, sorption by Fe and Al oxides increases with declining pH (Havlin et al., 2005; Sharpley, 1999). Thus, the subsequent analysis of the sand, with a decrease in pH, presented proportionally higher P values.

When autoclaving the sand in experiment 1, there was a significant decrease in pH (Table 1). As observed, this pH variation led to an increase in the content of P. Similarly, in experiment 2, autoclaving resulted in a significant increase in P concentration, also related to the pH change (Table 3; Figure 1). The proportion of P forms may also undergo alteration with the use of autoclave. For instance, Anderson and Magdoff (2005) found significantly higher concentrations of soluble phosphorus in autoclaved soils compared to non-sterilized soils, with 78% more orthophosphate monoesters, 60% more orthophosphate diesters, and 54% more soluble inorganic phosphorus.

Figure 1: Phosphorus content in sand after washing with 3% HCl at different immersion periods, including washings with water before and after mixing the sand with the acid solution (experiment 2).



Source: The author.

Table 4: Summary of analysis of variance for pH and P, considering treatments involving the use of HCl and resting periods of zero, one, two, three, four, and seven days (T3 to T14) – experiment 2.

Source of Variation	DF	Medium Squares	
		pH _{water}	P
Autoclave (F1)	1	1,15**	0,84**
Rest (F2)	5	1,71**	0,88**
F1xF2	5	0,16*	0,07*
Treatments	11	0,96**	0,50**
Residue	24	0,05	0,03
CV%		4,59	10,34
Overall average		5,08	1,44

Source: The author.

3.5 Ca, Mg, K, SUM OF BASES (SB), AND BASE SATURATION (BS%)

Simple washing with water reduced the presence of calcium and potassium in the sand by 50%. However, it did not decrease the magnesium content (Table 1). In experiment 2, under the same conditions, the decrease in Ca and K was 56% and 33%, respectively. In relation to Mg, its elimination occurred with simple washing with water (Table 3). The concentration of 3% HCl and one day of rest, regardless of autoclaving, was sufficient to completely remove residues of Ca and Mg from the sand and practically all potassium (experiment 1, Table 1). Experiment 2 corroborates the data regarding Ca and K, although there were low levels of Ca with zero and one day of rest (Table 3). Anyway, one day of rest, at the lowest HCl concentration, was sufficient for the almost complete removal of Ca and total removal of Mg and K.

As SB represents the combined amount of Ca, Mg, and K, washing with water alone represented a decrease of about 40% in this parameter in experiments 1 and 2. With washing with HCl, the decrease reached 100% in experiments 1 and 2, the latter starting from two days of rest. In practice, the difference in the SB can be considered negligible, at any rest period, with the acidic solution in experiment 2. The same applies to BS%, where there was a decrease of about 30% with washing with water in experiments 1 and 2, reaching levels close to or equal to zero with the use of HCl, at any of the concentrations tested in experiment 1 (Tables 1 and 3).

3.6 POTENTIAL AND EFFECTIVE CEC

Sands naturally have a low cation exchange capacity (CEC), which represents the total negative charges that retain cations such as Ca, Mg, K, in addition to H and

Al ions. In these cases, leaching is a predominant factor in the decrease of bases, as occurred with Ca and K only with washing with water. Potential CEC represents the total of basic cations (Ca, Mg, K, Na) and acid cations (H and Al) at pH 7.0. Effective CEC reflects the retention of cations near natural pH, considering the sum of Ca, Mg, K, and Al (Havlin et al., 2005). Just as with base saturation and sum of bases, washing with water in experiment 1 decreased total and effective CEC by about 15% and 40%, respectively. The use of hydrochloric acid, regardless of other variables, caused a sharp drop in potential CEC, about 60%, leaving only H⁺ ions and traces of K. Effective CEC followed the remaining levels of basic cations, which were nil or close to zero with HCl from the lowest concentration (Table 1). In experiment 2, the decrease in potential and effective CEC occurred similarly to that described for experiment 1 (Table 3).

3.7 COPPER

Initial Cu levels in the sands were very low. Washing with water alone significantly reduced the Cu content, about 35% in experiments 1 and 2, but the hydrochloric acid treatment, at any concentration, was effective in eliminating any residue of the element, with no influence from autoclaving or rest after one day.

3.8 IRON

Unlike Cu, washing with water alone did not reduce the element content in experiment 1 (Table 1), but there was a 22% reduction in experiment 2 (Table 3). The use of hydrochloric acid, at any concentration, with one or seven days of rest, reduced the Fe content in the sand by about 80% (Table 1). The data from experiment 2 corroborate the result since the use of acid from one day of rest also reduced the Fe concentration by 80%. Acids such as hydrochloric, fluorosilicic, or sulfuric acid can eliminate part of the Fe contained in the sand, but not its entirety. In this case, other methods can be used, such as the combined use of hydrofluoric acid, but there is the inconvenience of silica solubilization (Hewitt, 1966).

Table 5: Fertility of three commercial sands washed with 3% HCl, without autoclaving, at two resting periods (experiment 3).

Treatment	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	pH _{water}	H+Al	SB	CEC	CECef	BS	OM
	mg dm ⁻³									cmol dm ⁻³				%	g kg ⁻¹
Sand A															
no washing	2,3 a*	2,6 a	40,0 a	0,0 a	0,3 a	36,2 a	1,8 a	1,7 a	5,6 a	1,1 a	0,2 a	1,3 a	0,2 a	16,6a	0,7 a
1 day	0,6 c	0,0 a	0,0 b	0,0 a	0,0 b	3,8 b	0,1 b	0,1 b	5,4 a	0,9 b	0,0 b	0,9 b	0,0 b	0,0b	0,5b
7 days	1,1 b	1,3 a	0,0 b	0,0 a	0,0 b	1,9 c	0,0 b	0,1 b	5,2 a	0,9 b	0,0 b	0,9 b	0,0 b	0,2b	0,4 b
Sand B															
no washing	1,8 b	11,7 a	60,0 a	12,0 a	0,3 a	122,4 a	12,7 a	2,1 a	6,2 a	0,9 b	0,4 a	1,4 a	0,4 a	31,1 a	0,6 a
1 day	1,3 c	2,6 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	24,7 b	2,8 b	0,3 b	4,7 b	1,1 a	0,0 b	1,1 b	0,1 b	0,4 b	0,8 a
7 days	2,7 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	18,2 b	0,9 b	0,2 b	4,7 b	1,1a	0,0 b	1,1 b	0,1 b	0,0 b	0,7a
Sand C															
no washing	3,8 a	14,3 a	113,3 a	12,0 a	0,4 a	57,5 a	9,6 a	1,5 a	6,6 a	0,9 a	0,7 a	1,6 a	0,7 a	43,5 a	0,8 a
1 day	1,1c	1,3 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	17,9 b	1,6 b	0,2 b	4,8 b	1,1 a	0,0 b	1,1 b	0,1 b	0,2 b	0,5 b
7 days	2,0b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	19,7 b	0,7 b	0,2 b	4,5 b	1,1 a	0,0 b	1,1 b	0,1 b	0,0 b	0,6 b
Sand B															
no washing	2,4 a	6,5 a	60,0 a	12,0 a	0,2 a	91,3 a	11,4 a	1,0 a	6,4 a	0,9 c	0,4 a	1,3 a	0,4 a	31,2 a	0,6 a
1 day	1,2 b	0,0 b	20,0 b	0,0 b	0,0 b	30,8 b	2,5 b	0,3 b	4,4 b	1,2 b	0,1 b	1,3 b	0,3 a	7,0 b	0,7 a
7 days	2,5 a	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	32,1 b	1,6 b	0,4 b	4,0 c	1,5 a	0,0 b	1,5 b	0,4 a	0,0 b	0,6 a

Source: The author.

3.9 MANGANESE

Washing with water alone did not decrease the Mn content in experiment 1. And just as with Fe in experiment 2, there was a significant 21% reduction. In experiment 1, there was a significant effect with the use of HCl at any of the concentrations tested, with the effect being greater and significant with seven days of rest – an 87% decrease compared to exclusive washing with water and about 70% with one day of rest. Considering the concentration variation over seven days (experiment 2), the trend was a constant decrease, but with one day of rest, the decrease in Mn content was already approximately 80% (Table 3).

3.10 ZINC

Washing with water decreased the Zn content in the sand by around 25%. The use of HCl at any concentration in experiment 1, however, allowed an 80% reduction with one and seven days of rest, respectively (Table 1). Similar values were obtained in the second experiment, with an 81% reduction for one day of rest (Table 3). But washing with acid solution, without rest, already allowed a significant reduction since the concentration of the element in the sand was naturally quite low.

3.11 VALIDATION OF RESULTS

In order to corroborate the results concerning experiments 1 and 2, the washing of three commercial sands was carried out, in a simpler design, with one concentration of HCl and two rest periods, in addition to a treatment with a larger amount of sand (Experiment 3). The evaluated parameters, discussed earlier, showed results similar to those of the preceding experiments (Table 5).

4. CONCLUSION

To deplete or significantly reduce nutrient levels present in the sand, 3% HCl should be used with one day of incubation for P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, and Zn.

Autoclave sterilization significantly decreased the pH of the sand and increased the phosphorus (P) content. From one day of rest with 3% HCl, the decrease in the

sand's pH was significant. On the other hand, the P content increased linearly with the immersion time in HCl.

For the levels found in the sands studied in this work, the use of 3% HCl completely eliminated the levels of K, Ca, Mg, and Cu, and significantly reduced the levels of Fe and Mn (above 70%) and Zn (above 80%).

For future research aiming to advance knowledge and develop robust, standardized methodologies, it is suggested to investigate and compare other methods of washing and purification, whether they involve chemical, physical, or physicochemical processes. Additionally, studying alternative substrates or composite mixtures beyond sand is recommended.

REFERENCES

- ANNING, A. K.; AKOTO, R. Assisted phytoremediation of heavy metal contaminated soil from a mined site with *Typha latifolia* and *Chrysopogon zizanioides*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 148, p. 97–104, 2018. Doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.10.014
- BERNS, A., PHILIPP, H., NARRES, H. D., BURAEUL, P., VEREECKEN, H.; TAPPE, W. Effect of gamma-sterilization and autoclaving on soil organic matter structure as studied by solid state NMR, UV and fluorescence spectroscopy. **European Journal of Soil Science**, v. 59, p. 540-550, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2008.01016.x>
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Bookman, 2013.
- BRANDON, A.; FREDERICK, M. Autoclaving soil samples affects algal-available phosphorus. **Journal of Environmental Quality**, v. 34, n. 6, p. 1958-1963, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0024>
- COTTENIE, A. **Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO Soils Bulletin 38/1). 1980.
- CURTIN, L. P.; PARKER, H. C. **U.S. Patent No. 2198527A**. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office, 1940. Disponível em: <https://www.google.com/patents/US2198527#forward-citations>
- DARDOURI, S.; SGHAIER, J. Adsorption characteristics of layered soil as delay barrier of some organic contaminants: experimental and numerical modeling. **Environmental Modelling and Software**, v. 110, p. 95-106, 2018. doi: 10.1016/j.envsoft.2018.09.003
- EARLE, T. **U.S. Patent No. 1983272A**. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office, 1934. Disponível em: <https://www.google.com/patents/US1983272>
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. Disponível em: <https://tinyurl.com/ycg6dqq2>
- FERREIRA, G. C.; DAITX, E. C. A mineração de areia industrial na região Sul do Brasil. **Revista Escola de Minas**, v. 56, n. 1, p. 59-65, 2003. Doi: 10.1590/S0370-44672003000100011
- HAVLIN, J., BEATON, J. D., TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management**. 7. ed. Pearson Prentice Hall, 2005.
- HECK, N. C. Lixiviação. In: HECK, N. C. **Metalurgia extrativa dos metais não-ferrosos**. UFRGS, DEMET, 2007.

HEWITT, E. J. **Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition**. 2. ed. Commonwealth Agricultural Bureau, 1966.

LI, H., LIU, L., LI, C., LIU, X., ZIADI; SHI, Y. Efficiency of Different Soil Sterilization Approaches and Their Effects on Soil Particle Size Distribution. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 23, p. 3979–3990, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01315-2>

LIU, J., ZHAO, L., LIU, Q., LI, J., QIAO, Z., SUN, P.; YANG, Y. A critical review on soil washing during soil remediation for heavy metals and organic pollutants. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 19, n. 4, p. 601-624, 2021. Doi: 10.1007/s13762-021-03144-1

MAATHUIS, F. J. M. (Ed.). **Plant Mineral Nutrients: Methods and Protocols**. Humana Press, 2013.

MCCALL, A. G. A method for the renewal of plant nutrients in sand cultures. **Ohio Journal of Science**, v. 16, n. 3, p. 101-103, 1916.

QUEREJETA, G. Sterilize methods comparison for soils: cost, time, and efficiency. **International Journal of Methodology**, v. 2, p. 34-40, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.21467/ijm.2.1.6263>

RAZAVI, S.; LAKZIAN, A. Evaluation of chemical and biological consequences of soil sterilization methods. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, v. 5, n. 2, p. 87-91, 2007. Disponível em: https://cjes.guilan.ac.ir/article_984_dabde4da74b42d31fb1e2dce24370190.pdf

SHARPLEY, A. Phosphorus availability. In: SUMNER, M. E. (Ed.). **Handbook of soil science**. CRC Press, 1999.

SILVA, F. C. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Eds.). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/990374/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>

YANG, X. An experimental study of H solubility in feldspars: effect of composition, oxygen fugacity, temperature and pressure and implications for crustal processes. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 97, p. 46-57, 2012. Doi: 10.1093/petrology/36.5.1137

YOO, J., JEON, P., TSANG, D. C. W., KWON, E. E.; BAEK, K. Ferric-enhanced chemical remediation of dredged marine sediment contaminated by metals and petroleum hydrocarbons. **Environmental Pollution**, v. 243, p. 87-93, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749118311114?via%3Dihub>

CAPÍTULO 5

UTILIZAÇÃO DO AZOSPIRILLUM BRASILENSE NA PRODUÇÃO DE CAPIM SUDÃO

Gustavo Kruger Gonçalves

Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Santana do Livramento, Rio de Grande do Sul, Brasil

E-mail: gustavo-goncalves@uergs.edu.br

Angelica Maria Gambin

Graduada em Engenharia Agrônoma

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Santana do Livramento, Rio de Grande do Sul, Brasil

E-mail: angelica-gambin@uergs.edu.br

Leonardo de Melo Menezes

Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Santana do Livramento, Rio de Grande do Sul, Brasil

E-mail: leonardo-menezes@uergs.edu.br

Daiana Ribeiro Nunes Gonçalves

Mestre em Agronomia

Instituição: Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Endereço: Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: daianarng@gmail.com

Paulo Elias Borges Rodrigues

Mestrando em Sistemas de Produção Agrícola Familiar

Instituição: Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (PPGSPAF), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Endereço: Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: agronomopaulo2022@gmail.com

Marco Aurélio Torres Rodrigues

Doutor em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Santana do Livramento, Rio de Grande do Sul, Brasil

Email: marco-rodrigues@uergs.edu.br

Rodrigo de Moraes Galarza

Mestre em Ciência do Solo

Instituição: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Endereço: Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: rodrigodmgalarza@gmail.com

Ruben Fernando de Lara

Graduado em Engenharia Agrônoma

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Santana do Livramento, Rio de Grande do Sul, Brasil

E-mail: rbn.lara@gmail.com

Ticiane Froncois Magalhães

Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Santana do Livramento, Rio de Grande do Sul, Brasil

E-mail: ticiane-francois@uergs.edu.br

João Carlos Coelho Junior

Doutor em Educação pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Santana do Livramento, Rio de Grande do Sul, Brasil

E-mail: joão-junior@uergs.edu.br

RESUMO: O capim sudão é uma forrageira usada na alimentação animal principalmente na forma de pastejo. Dentre os fatores edafológicos que influenciam para expressar o potencial genético das cultivares destaca-se a adubação nitrogenada. Devido ao elevado preço dos adubos nitrogenados utilizados tem sido buscada outras fontes alternativas de nitrogênio. Dentre essas fontes alternativas destacam-se a utilização de bactérias fixadoras de nitrogênio, destacando-se a utilização do *Azospirillum brasilense* em associação com gramíneas. Em função do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de *Azospirillum brasilense* na produção de capim sudão. O experimento foi conduzido na área experimental do Campus Rural da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), em Santana do Livramento – RS. O experimento foi delineado em blocos ao acaso com 4 repetições, onde os tratamentos consistiram na utilização dos seguintes tratamentos: a) testemunha (T1); b) *Azospirillum brasilense* (T2); *Azospirillum brasilense* + uma aplicação em ureia em cobertura (T3); e *Azospirillum brasilense* + duas aplicações de ureia em cobertura (T4). Foram avaliadas a produção de massa verde e massa em dois cortes e a produção de sementes. Os resultados demonstraram que no primeiro corte, os tratamentos (T2, T3, T4) que utilizaram o *Azospirillum brasilense* apresentaram produção de massa verde e seca total superior a Testemunha. No segundo corte, os tratamentos que combinaram a utilização do *Azospirillum brasilense* associada a ureia (T3 e T4) apresentaram produção de massa verde e seca total superiores aos tratamentos testemunha e ao tratamento com a utilização isolada de *Azospirillum brasilense* (T1 e T2). A combinação do *Azospirillum brasilense* com duas aplicações de nitrogênio em cobertura resultou em maior produção de sementes em relação aos demais tratamentos. Conclui-se que a utilização do *Azospirillum brasilense* estimulou a produção de massa verde e seca do capim sudão possibilitando a sua utilização em combinação da ureia em cobertura.

PALAVRAS-CHAVE: Bactéria; Pastagem; Produtividade.

ABSTRACT: Sudan grass is a forage used in animal feed in the form of grazing, cutting, haymaking and silage. Among the edaphological factors that influence to

express the genetic potential of cultivars, nitrogen fertilization stands out. Due to the high price of nitrogen fertilizers used, other alternative sources of nitrogen have been sought. Among these alternative sources, the use of N-fixing bacteria stands out, highlighting the use of *Azospirillum brasilense* in association with grasses. The objective of this work was to evaluate the use of *Azospirillum brasilense* in the production of Sudan grass. The experiment was conducted in the experimental area of the Rural Campus of the State University of Rio Grande do Sul. The experiment was designed in randomized blocks with 4 replications, where the treatments consisted of the use of the following treatments: a) control (T1); b) *Azospirillum brasilense* (T2); *Azospirillum brasilense* + one application in topcoat urea (T3); and *Azospirillum brasilense* + two applications of urea in Cover (T4). The production of green mass and mass in two cuts and seed production were evaluated. The results showed that in the first cut, the treatments (T2, T3, T4) that used *Azospirillum brasilense* presented production of total green and dry mass superior to the Control. In the second cut, the treatments that combined the use of *Azospirillum brasilense* associated with urea (T3 and T4) showed higher total green and dry mass production than the control treatment and the treatment with the isolated use of *Azospirillum brasilense* (T1 and T2). The combination of *Azospirillum brasilense* with two nitrogen topdressing applications resulted in higher seed production compared to the other treatments. It is concluded that the use of *Azospirillum brasilense* stimulated the production of green and dry mass of Sudan grass, enabling its use in combination with urea in top dressing.

KEYWORDS: Bacterium; Pasture; Productivity.

1. INTRODUÇÃO

O capim sudão é uma espécie que tem como origem o Sudão e Sul do Egito, sendo inserida nos Estados Unidos no ano de 1909 e, mais tarde, sendo trazida para o Brasil, Argentina e Uruguai (Ribas; Zago, 1986).

Possui uma vasta abrangência de uso no Brasil, com destaque para o Rio Grande do Sul sendo utilizado em todas as regiões do estado, mas também apresenta importância nos estados de Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins e sul da Bahia (EMBRAPA, 2018).

No Rio Grande do Sul, o capim sudão é apelidado de “aveia de verão”, já que é uma espécie rústica e com boa aceitabilidade pelos animais (Silva; Bortolini, 2012). Ultimamente, tem sido utilizado no sistema plantio direto e áreas de integração lavoura pecuária, em rotação com outras espécies gramíneas de verão, como o milho e a soja.

O capim sudão é uma forrageira anual, considerado uma espécie com adaptação a regiões secas e quentes, baixa fertilidade do solo e a solos ácidos. Portanto, é considerado uma cultura rústica com alta adaptabilidade ao ambiente (Bibi et al., 2010).

O capim sudão é usado na alimentação animal na forma de pastejo, corte, fenação e silagem. É uma forrageira de ciclo anual, com excelentes características agrônomicas como produção de massa seca, rápido rebrote e velocidade de crescimento, excelente capacidade de perfilhamento e resistente ao estresse hídrico, além do seu bom valor palatável já que apresenta uma grande quantidade de folhas longas, colmo fino e de boa palatabilidade (May et al., 2011).

Apresenta pouca produção de sementes, porém como é uma espécie rústica, o custo de sementes por hectare é inferior em relação a outras espécies anuais de verão, tornando-se mais atrativa para os produtores rurais.

Devido a sua melhor capacidade de rebrota que a maioria das gramíneas anuais, admite-se utilizações sucessivas (Bogdan, 1977). Por essas razões, o Capim Sudão é recomendado para pastoreio rotacional temporário. Além disso, acumula menores quantidades de ácido prússico que é um composto tóxico (HCN, ácido cianídrico) do que o sorgo forrageiro (Getachew et al., 2016).

Os fatores edafoclimáticos influenciam na produtividade do capim sudão, já que a planta é uma C4. A disponibilidade hídrica, a temperatura ótima e a radiação solar nas épocas de maior exigência de crescimento do capim sudão estimulam a produção

da biomassa. Embora seja uma planta rústica, a produtividade também é afetada pelos fatores edafológicos, destacando-se a compactação do solo, o alumínio tóxico e a deficiência de nutrientes essenciais.

Dentre os nutrientes mais exigentes pelo capim sudão, destaca-se o nitrogênio. Devido ao elevado preço dos adubos nitrogenados utilizados tem sido buscado outras fontes alternativas de nitrogênio. Dentre essas fontes alternativas destacam-se a utilização de bactérias fixadoras de N, destacando-se a utilização do *Azospirillum brasilense* em associação com gramíneas.

O *Azospirillum brasilense* é incluído no grupo de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP). Estes microorganismos são capazes de colonizar a rizosfera, a filosfera e tecidos internos das plantas, realizando a fixação biológica de nitrogênio por meio de associação.

Segundo Döbereiner et al., (1976), a fixação biológica do N pelas bactérias do gênero *Azospirillum* em associação com gramíneas podem contribuir com o fornecimento de parte das necessidades das plantas por este nutriente. Do mesmo modo, Fancelli (2010) relata que no Brasil, a inoculação de sementes com bactérias diazotróficas pode gerar ao agricultor uma economia de 30 a 50 kg ha⁻¹ de N na forma de adubo mineral.

No Brasil, existem inoculantes comerciais registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para gramíneas, já validados em inúmeros experimentos de eficiência agronômica com as culturas do milho e trigo (Hungria, 2011). Esses inoculantes contêm uma combinação de duas estirpes de *Azospirillum brasilense* (Ab-V5 e Ab-V6), em formulações turfosas e líquidas.

Diversos trabalhos evidenciam o efeito benéfico dos rizóbios sobre o desenvolvimento das gramíneas (milho, trigo, azevém), no entanto, ainda são restritos estudos que mostrem a interação com as plantas de capim sudão.

Em função do exposto, será realizado um trabalho com o objetivo de avaliar o efeito da inoculação das bactérias *Azospirillum brasilense* na produção de capim sudão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Campus Rural da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), em Santana do Livramento – RS, localizado na latitude 30° 52 '39.0 Sul e longitude 55° 25' 58.1 Oeste.

O clima da região é classificado como subtropical úmido, tipo fundamental Cfa, segundo classificação de Köppen (MORENO, 1961), o clima da região com temperatura média anual de 18,2°C, e precipitação em torno de 1.400mm anuais.

O solo da área experimental, segundo STRECK et al., (2008) pertence a classe ARGISSOLO VERMELHO DISTRÓFICO, predominando a classe textural arenosa na camada superficial do solo, resultando em um solo com baixa capacidade de retenção de água. Antes da semeadura foi realizada a amostragem do solo à caracterização físico-química do solo (Tabela 1).

Tabela 1: Caracterização físico-química do solo utilizado.

MO	Argila	SMP	pH H ₂ O	CTC _{pH7}	Ca	Mg	P	K	Saturação	
– %–				-- cmol _c dm ³ --			-mg dm ³ -		Al %	V %
1,1	14	6,4	5,7	9,0	4,5	2,5	80	99	1,5	65

Fonte: Os autores.

O experimento foi delineado em blocos ao acaso com 4 repetições, onde os tratamentos consistiram na utilização dos seguintes tratamentos: testemunha (T1); *Azospirillum brasilense* (T2); *Azospirillum brasilense* + uma aplicação de ureia em cobertura (T3) e *Azospirillum brasilense* + duas aplicações de ureia em cobertura (T4).

As unidades experimentais foram constituídas por parcelas de 1,5m². Na implantação do capim sudão foi utilizado um espaçamento de 0,17m, com densidade de 25 kg ha⁻¹.

A aplicação de *Azospirillum brasilense* na forma líquida foi realizada no estágio de perfilhamento, exceto na Testemunha.

A adubação nitrogenada em cobertura após o primeiro corte foi realizada nos tratamentos T3 e T4. A dose utilizada foi de 150 kg de N ha⁻¹ no T3 e 75 kg de N ha⁻¹ no T4. A adubação nitrogenada em cobertura após o segundo corte foi realizada exclusivamente no T4. A dose utilizada foi de 75 kg de N ha⁻¹.

O primeiro corte foi realizado no dia 28 de dezembro de 2019 e o segundo corte foi realizado no dia 25 de janeiro de 2020. O corte foi executado com uma tesoura no interior de um quadrado de ferro de 0,25m². Após o corte, foi realizada a pesagem

para obtenção da produção de massa verde. Em seguida, as amostras foram submetidas ao processo de secagem para obtenção da produção de massa seca.

A colheita das sementes foi realizada manualmente, em locais da unidade experimental em que não foram submetidas aos cortes. Posteriormente à colheita, as amostras de sementes foram pesadas e colocadas em estufa de ar forçado, para secar até atingirem peso constante. As características e respostas avaliadas no experimento foram as seguintes: produção de sementes e determinação de grau de umidade por método de estufa de ar forçado.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e posterior comparação de média pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade, utilizando o programa computacional SANEST ® (Zonta; Machado, 1984).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro corte, os tratamentos (T2, T3, T4) que utilizaram o *Azospirillum brasilense* apresentaram produção de massa verde e seca total superior a Testemunha (T1) (Tabela 2). Isso demonstra, o efeito da fixação biológica de nitrogênio realizado por essas bactérias e o seu fornecimento às plantas. Resultados semelhantes foram observados Oliveira (2019) e Caleffi (2021), os quais observaram contribuição do nitrogênio disponibilizado pelo *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento do azevem e do arroz irrigado, respectivamente. Segundo Matos (2019), o *Azospirillum brasilense* tem capacidade de fixar até 30 kg N ha⁻¹ quando utilizado durante uma única aplicação.

A menor produção de massa verde e seca total na ausência de utilização do *Azospirillum brasilense* e da ureia (T1) (Tabela 2) é atribuída ao menor perfilhamento em relação aos demais tratamentos. De acordo com Alexandrino et al. (2005) a produção de massa seca de colmos e bainhas presentes nos perfilhos é componente relevante para a produção de forragem, pois os colmos e bainhas são órgãos armazenadores de substâncias orgânicas nas gramíneas, o que pode interferir na capacidade de rebrota dos capins.

No segundo corte, os tratamentos que combinaram a utilização do *Azospirillum brasilense* associada a ureia (T3 e T4) apresentaram produção de massa verde e seca total superiores aos tratamento testemunha e ao tratamento com a utilização isolada de *Azospirillum brasilense* (T1 e T2) (Tabela 2). Isso demonstra, que a aplicação de

ureia após o primeiro corte estimulou o rebrote dos perfilhos cortados e também expandiu e acelerou o crescimento foliar (Tais; Zaiger, 2017).

Segundo Malavolta (2006), o nitrogênio exerce papel importante no desenvolvimento de perfilhos e, conseqüentemente, na produção de massa seca porque faz parte das proteínas e ácidos nucleicos, os quais participam ativamente da síntese de compostos orgânicos, que formam a estrutura do vegetal (Malavolta, 2006).

Bonfim-da-Silva e Monteiro (2006), trabalhando com recuperação de pastagens degradadas do capim-braquiaria, sob doses de nitrogênio e enxofre, verificaram que o nitrogênio é o nutriente mais importante no número de perfilhos em forrageiras e que o aumento das doses de nitrogênio contribuiu efetivamente para o aumento da produção de massa seca das lâminas foliares e na recuperação da forrageira. Aumentos na produção de lâminas foliares e colmos relacionados à adubação nitrogenada no capim-marandu também foram obtidos por Santos Júnior (2001).

Tabela 2: Produção de massa verde e massa seca total em diferentes cortes em função dos tratamentos utilizados.

Tratamentos*	1º Corte	2º corte	Total
	----- MVT (Kg ha ⁻¹) -----		
T1	20650 b	12050 c	32700 c
T2	26500 a	16060 b	42560 b
T3	26800 a	18650 a	45450 a
T4	27350 a	18550 a	45900 a
	----- MST (Kg ha ⁻¹) -----		
T1	2520 b	1475 c	3995 c
T2	3235 a	1960 b	5195 b
T3	3275 a	2285 a	5560 a
T4	3345 a	2270 a	5615 a

T1) Testemunha; T2) *Azospirillum brasilense*; T3) *Azospirillum brasilense* e aplicação de ureia após o primeiro corte; T4) *Azospirillum brasilense* e aplicação de ureia após os dois cortes

Fonte: Os autores.

A combinação do *Azospirillum brasilense* com duas aplicações de nitrogênio em cobertura resultou em maior produção de sementes em relação aos demais tratamentos (Tabela 3). Isso demonstra que a aplicação de ureia após o segundo corte resultou em maior área foliar para a produção de fotoassimilados, os quais foram utilizados para o enchimento de grãos. Resultados semelhantes foram observados por Simili et al. (2008) que observaram maior porcentagem de colmos e folhas em função de doses crescentes de nitrogênio aplicados no capim sudão.

O nitrogênio pode também ter contribuído para um maior acúmulo de proteínas nas sementes. A produção de grãos depende da área foliar fotossinteticamente ativa

da planta, sendo que, folhas bem nutridas de nitrogênio possuem maior capacidade de assimilar CO₂ e sintetizar carboidratos durante o processo de fotossíntese (Fancelli; Dourado Neto, 2004). Isso resulta em acúmulo de matéria seca de folhas e espigas e maior rendimento de grãos (Neumann et al., 2005; Pellegrini et al., 2010).

Ferreira et al. (2001), avaliaram os efeitos da adubação nitrogenada sobre a produção e qualidade dos grãos de milho e constataram que o teor de proteína bruta (PB) no grão passou de 7,5 para 10,5% para doses de 0 e 210 kg ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio, respectivamente. Além disto, puderam observar incremento dos nutrientes minerais no grão, tais como, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn.

Tabela 3: Produção de sementes (kg ha⁻¹) em função dos tratamentos utilizados.

Tratamentos	Produção de Sementes
	----- kg ha ⁻¹ -----
T1	248 d
T2	1137 c
T3	1326 b
T4	1536 a

T1) Testemunha; T2) *Azospirillum brasilense*; T3) *Azospirillum brasilense* e aplicação de ureia após o primeiro corte; T4) *Azospirillum brasilense* e aplicação de ureia após os dois cortes.

Fonte: Os autores.

Neste experimento, os resultados demonstraram que houve efeito da utilização do *Azospirillum brasilense* na fixação de nitrogênio na produção de massa verde, produção de massa seca e produção de sementes. Entretanto, os melhores resultados foram observados quando essa bactéria foi combinada com a utilização de ureia, o qual permitiu atender as exigências em termos de nitrogênio para o desenvolvimento do capim sudão. Além disso, a redução da dose do adubo mineral, devido a contribuição da fixação de nitrogênio pela bactéria interfere positivamente em maior rentabilidade, já que reduz o custo com a utilização exclusiva do adubo mineral. Outras vantagens atribuídas a redução da utilização de ureia ocorrem do ponto de vista ambiental, já que ocorreram menores perdas de nitrogênio com volatilização, desnitrificação e lixiviação.

Sugere-se que outros experimentos devem ser realizados para testar a utilização de *Azospirillum brasilense* na inoculação das sementes, objetivando testar se haverá aumento na quantidade de nitrogênio fixado e seu reflexo na produtividade das culturas e de outras gramíneas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do *Azospirillum brasilense* estimulou a produção de massa verde e seca do capim sudão possibilitando a sua utilização em combinação da ureia em cobertura. Isso resultará no aumento da lucratividade ao pecuarista devido a substituição parcial do adubo nitrogenado pela fixação biológica de N promovida pela bactéria e disponibilizada ao capim sudão.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRINO, E. et al. Características morfogênicas e estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequências de cortes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 01, p. 17-24, 2005.
- BIBI, A.; SADAQAT, A.; AKRAM, H. M.; KHAN, T. M.; USMAN, B. F. Physiological and agronomic responses of sudangrass to water stress. **Journal of Agricultural Research**, 2010.
- BOGDAN, A. V. **Tropical pasture and fodder plants**. New York: Longman, 1977. 475p.
- BONFIM-DA-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 04, p. 1289-1297, 2006.
- CALEFFI, H.V.; GONCALVES, G.K.; SCHULLER, M.; RODRIGUES, M.A.; ROSA, E.V.C.; RODRIGUES, P.E.B.; GONCALVES, D.R.N.; GALARZA, R.M.de. Utilização do *Azospirillum brasilense* e composto orgânico na produção de arroz irrigado. *In*: CATAPAN, E. A. **Desafios e Perspectivas nas ciências agrárias**. São José dos Pinhais, PR: Brazilian Journals, 2021. v. 1, 319 a 334p.
- DÖBEREINER, J. Fixação de nitrogênio em associação com gramíneas. *In*: CARDOSO, E. J. B. N., TSAI, S. M., NEVES, M. C. P. **Microbiologia do Solo**. Campinas: SBSCS, 1992.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivar de capim-sudão – BRS-Estribo**, 2018.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. 2. ed. Piracicaba: Os autores, 2004. 360p.
- FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A.; PERREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agrônômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 1, p. 131-138, 2001.
- GETACHEW, G.; PUTNAM, D.H.; DE BEN, C.M.; DE PETERS, E.J. Potential of Sorghum as an Alternative to Corn Forage. **American Journal of Plant Sciences**, v. 7, p. 1106-1121. 2016.
- HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: EMBRAPA-SOJA, (Documentos n. 325. EMBRAPA-SOJA, ISSN 1516-781X), p. 36, 2011.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.
- MATOS, R. D. **Efeitos de fertilizantes nitrogenados e combinações de inoculantes sobre a nodulação e rendimento da soja**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2019.

MAY, A.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; RODRIGUES, J. A. S.; LANDAU, E. C.; PARRELA, R. A. C.; MASSAFERA R. **Cultivares de sorgo para o mercado brasileiro na safra 2011/2012**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 28 p. Documentos / Embrapa Milho e Sorgo. 117.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

NEUMANN, M.; SANDINI, I. E.; LUSTOSA, S. P. C.; OST, P. R.; ROMANO, M. A.; FALBO, M. K.; PANSERA, E. R. Rendimentos e componentes de produção da planta de milho (*Zea mays* L.) para silagem, em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 3, p. 418-427, 2005.

OLIVEIRA, A. I.; GONÇALVES, G. K.; RODRIGUES, M. A.; SARTURI, J. E. C.; GALARZA, R. M.; CALEFFI, H. Z.; BIRCK, V.; RODRIGUES, P. E. B.; GONCALVES, D. R. N.; FALCÃO, F. V. Utilização do *Azospirillum brasilense* e insumos orgânicos na produção de azevém destinado a cobertura verde. *In*: CATAPAN, E. A. (Org.). **Desafios e Perspectivas nas ciências agrárias**. São José dos Pinhais, PR: Brazilian Journals. v. 1, 288 a 301p.

PELLEGRINI, L. G.; MONTEIRO, A. L. G.; NEUMANN, M.; MORAES, A.; PELLEGRINI, A. C. R. S.; LUSTOSA, S. B. C. Produção e qualidade de azevém-anual submetido a adubação nitrogenada sob pastejo por cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 9, p. 1894-1904, 2010.

RIBAS, P. M.; ZAGO, C. A. Sorgo: uma opção para produção de forragem em cultivo de sucessão. *In*: ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS. 1986. Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba, 8. FEALQ, 1986. p. 243-260.

SANTOS JR., J. D. G. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2001. 79p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba.

SANTOS, J. L. S., CANTO, V. B., OLIVEIRA, G. O., PERÔNIO, H. G. **Relatório de Avaliação dos Impactos das Tecnologias Geradas pela Embrapa**. EMBRAPA 2016.

SILVA, J. L. S.; BORTOLINI, F. **Forrageiras de Verão**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas. 2012.

SIMILI, F. F.; REIS, R. A.; FURLAN, B. N.; PAZ, C. C. P.; LIMA, M. L. P.; BELLINGIERI, P. A. Resposta do híbrido de sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade in vitro da matéria orgânica. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 474-480, 2008.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre, Emater/RS, 2008. 222p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 888,

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **Sanest – Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores**. Registrado na Secretaria Especial de Informática sob no .066060 – categoria A. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1984. 138p.

CAPÍTULO 6

LEVANTAMENTO DO RISCO DE OCORRÊNCIA DA TOXIDEZ DE FERRO EM ARROZ IRRIGADO EM SANTANA DO LIVRAMENTO, RS

Gustavo Kruger Gonçalves

Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Santana do Livramento, Rio de Grande do Sul, Brasil

E-mail: gustavo-goncalves@uergs.edu.br

Rui Carlos Santos da Cunha

Graduado em Engenharia Agrônoma

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Santana do Livramento, Rio de Grande do Sul, Brasil

E-mail: rui-cunha@uergs.edu.br

Rodrigo de Moraes Galarza

Mestre em Ciência do Solo

Instituição: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Endereço: Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: r-galarza@hotmail.com

Lafayette Xavier de Moraes Neto

Graduado em Engenharia Agrônoma pelo Centro Universitário da Região da Campanha (URCAMP)

Instituição: Instituto Riograndense do Arroz (IRGA)

Endereço: Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: lafayette-neto@uergs.edu.br

Paulo Elias Borges Rodrigues

Mestrando em Sistemas de Produção Agrícola Familiar

Instituição: Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (PPGSPAF), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Endereço: Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil

E-mail: agronomopaulo2022@gmail.com

Caio Vinicius Sant`Ana de Souza

Graduando em Agronomia

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Santana do Livramento, Rio de Grande do Sul, Brasil

E-mail: caio-souza@uergs.edu.br

Julia Otilia Zangrande

Graduanda em Agronomia

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Santana do Livramento, Rio de Grande do Sul, Brasil

E-mail: julia-zangrande@uergs.edu.br

Daniel Maia Baldissera

Graduanda em Agronomia

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Santana do Livramento, Rio de Grande do Sul, Brasil

E-mail: daniel-baldissera@uergs.edu.br

Julimara Cavalheiro Pires

Graduanda em Agronomia

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Santana do Livramento, Rio de Grande do Sul, Brasil

E-mail: julimara-pires@uergs.edu.br

Dhiulyo Lopes Ferreira

Graduando em Agronomia

Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Santana do Livramento, Rio de Grande do Sul, Brasil

E-mail: dhiulyo-ferreira@uergs.edu.br

RESUMO: A toxidez por ferro no arroz irrigado é um dos estresses abióticos mais importantes que limitam a produção de arroz em todo o mundo. O prognóstico da ocorrência da toxidez por ferro no arroz irrigado evita quedas de produtividade causadas por esse distúrbio antes da instalação da cultura na área. Foi realizado um trabalho em áreas de várzea em Santana do Livramento com o objetivo de analisar a porcentagem de saturação de ferro e os riscos de toxidez por ferro em diferentes classes de solo no município de Santana do Livramento, RS. Os resultados demonstraram que 50, 15 e 35% das amostras apresentaram níveis baixo, médio e alto de risco de toxidez por ferro. As classes de solo Gleissolo e Planaossolo apresentaram 100 e 60% de alto nível de risco de toxicidade, enquanto as classes de solo Vertissolo e Chernossolo apresentaram 100% de baixo nível de toxicidade de ferro. Conclui-se que existem solos em Santana do Livramento propensos à toxidez de ferro na cultura do arroz irrigado por inundação.

PALAVRAS-CHAVE: Gleização; Oxidação; Redução; Saturação; Forma ferrosa.

ABSTRACT: Iron toxicity in irrigated rice is one of the most important abiotic stresses limiting rice production worldwide. The prognosis for the occurrence of iron toxicity in irrigated rice prevents drops in productivity caused by this disturbance prior to the installation of the crop in the area. Work was carried out in floodplain areas in Santana do Livramento with the aim of analyzing the percentage of iron saturation and the risks of iron toxicity in different classes of soil in the municipality of Santana do Livramento, RS. The results demonstrated that 50, 15 and 35% of the samples presented low, medium and high levels of iron toxicity risk. The soil classes Gleissolo and Planaossolo presented 100 and 60% of high level of toxicity risk, while the soil classes Vertisol and Chernosol presented 100% of low level of toxicity iron. It is concluded that there are soils in Santana do Livramento that are prone to iron toxicity in rice cultivation irrigated by flooding.

KEYWORDS: Gleization; Oxidation; Reduction; Saturation; Ferrous form.

1. INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Sul (RS), é atualmente o maior produtor brasileiro de arroz, com aproximadamente 60% da produção nacional (SOSBAI, 2022).

Os solos de várzea utilizados na cultura do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul possuem em sua origem uma variedade muito grande de rochas, formaram-se solos com características químicas e físicas bastante distintas (Goncalves et al., 2011).

A principal forma de cultivo do arroz irrigado é o sistema irrigado por alagamento, o qual altera as características físicas, biológicas e químicas do solo.

A alteração do ambiente aeróbio para anaeróbio, decorrente do alagamento do solo provoca o predomínio de bactérias anaeróbias do solo, as quais utilizam os compostos oxidados do solo como receptores de elétrons no processo de respiração, o que provocara a formação de substâncias reduzidas no solo, o que irá alterar quimicamente a solução do solo (Ponnamperuma, 1972).

As alterações químicas do solo alagado podem causar impacto positivo ou negativo no desenvolvimento do arroz irrigado por alagamento. As vantagens, refere-se a elevação do pH e maiores disponibilidade de fósforo e de cátions essenciais na solução do solo (Vahl et al.; Sousa et al., 2004; Goncalves et al. 2011). Por outro lado, as desvantagens seriam ocasionadas pela toxidez de ácidos orgânicos e a toxidez por ferro (Sousa et al. 2009).

A toxidez de ferro está diretamente relacionada com a principal alteração química que acontece na maioria dos solos alagados caracterizada pela a redução do ferro da forma Fe^{3+} para Fe^{2+} , o qual é uma forma de maior solubilidade do ferro, o que pode ocasionar toxidez às plantas de arroz (Vahl, 1991).

A toxidez por ferro é atribuída ou à excessiva absorção do elemento pela planta (toxidez direta) ou a deficiência generalizada de outros nutrientes, causados por altos teores de ferro solúvel na solução do solo (toxidez indireta). Segundo Audebert & Sahrawat (2000) as perdas de rendimento da cultura provocadas pelo aparecimento de sintomas geralmente variam de 15 a 30%, podendo ocorrer perdas totais da lavoura em casos de severa ocorrência.

Apesar da maioria dos solos apresentarem altos teores de ferro total, grande parte do ferro encontra-se indisponível para as plantas, pela formação de complexos insolúveis na presença de oxigênio e em condições de pH neutro ou alcalino (Guerinot;

Yi, 1994). Assim, o elemento ferro ocorre na forma de distintos minerais no solo e, sob condições de alagamento (reduzido), outras formas podem ocorrer por alterações na estabilidade e no grau de cristalinidade.

Em solos de arroz irrigado, devido à alternância de condições oxidadas e reduzidas, ocorre à formação de óxidos de ferro de baixa cristalinidade (Blume, 1988). Durante o alagamento é acumulado Fe^{2+} solúvel, que com a drenagem posterior é rapidamente oxidado a Fe^{3+} , precipitando na forma de óxidos mal cristalizados. Esses óxidos podem aumentar o seu grau de cristalinidade com o tempo, porém em um processo muito lento. Num próximo período de alagamento esses óxidos de baixa cristalinidade são novamente reduzidos e solubilizados mais rapidamente do que a fração de óxidos cristalinos eventualmente ainda presentes.

A redução do Fe^{3+} para Fe^{2+} depende, entre outros fatores, da presença dos microrganismos anaeróbios obrigatórios ou facultativos. Assim, as bactérias anaeróbias facultativas, como *Geobacter*, *Pseudomonas*, *Clostridium* e *Bacillus* sp., merecem destaque na redução e mobilização dos óxidos de ferro (Munch; Ottow, 1977), existindo ainda a hipótese de que alguns fungos também possuam a capacidade enzimática de reduzir os óxidos de ferro (Schwertmann, 1985). Esses microrganismos redutores de ferro são encontrados com abundância tanto na rizosfera como no restante do solo (Benckiser et al., 1983). Eles atuam na oxidação da matéria orgânica, produzindo um excedente de elétrons e, assim, possibilitando a redução do Fe^{3+} .

Os teores de ferro (extrator ditionito a pH 3,0) que são determinados nos laudos de análise de amostras de solo não possuem relação, ou esta é muito baixa, com a quantidade de ferro que será reduzido durante o alagamento (Vahl et al., 1999), logo não se observa relação com a ocorrência da toxidez por ferro. Depois do surgimento dos sintomas na lavoura de arroz irrigado por alagamento apenas medidas paliativas podem ser tomadas para diminuir o efeito do problema, como a drenagem do solo. Assim, o ideal é diagnosticar a ocorrência ainda em condições de sequeiro, de forma que possam ser tomadas medidas preventivas para minimizar os efeitos desse distúrbio. A forma mais eficiente e econômica de contornar o problema é o uso de cultivares tolerantes, mas algumas adequações no manejo também previnem a toxidez, como calagem prévia do solo e adubação potássica (SOSBAI, 2022).

A proposta de SOSBAI (2012) para diagnóstico da ocorrência de toxidez por ferro para o arroz irrigado, baseada na porcentagem de saturação da CTC por Fe^{2+}

(PSFe²⁺), inicialmente estima o teor de Fe²⁺ trocável acumulado após o alagamento, utilizando o teor de ferro extraído por oxalato de amônio a pH 6,0 (FeO pH 6,0). Após é determinado a PSFe²⁺ pela razão entre o Fe²⁺ trocável e a CTC, e enfim classifica-se o solo em função da PSFe²⁺ em baixo, médio e alto risco de ocorrência de toxidez por ferro. Em seu trabalho Wolter (2014) testou esse método e verificou que este foi eficiente para prognosticar a toxidez por ferro para os solos do Rio Grande do Sul aptos para o cultivo de arroz irrigado, entretanto a necessidade de verificar se o método é eficiente também para outros solos das diferentes regiões produtoras de arroz irrigado do Estado, os quais não foram avaliados. O objetivo do trabalho foi avaliar o prognóstico do risco de toxidez por ferro em arroz irrigado por alagamento em diferentes classes de solos de várzea do município de Santana do Livramento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 20 amostras superficiais (0-20 cm) de solos com aptidão para o cultivo de arroz irrigado, distribuídas no município de Santana do Livramento (Tabela 1). A maioria dos solos estão localizados em várzeas, mas algumas em relevo suave ondulado, como ocorre com uma parte significativa dos solos cultivados com arroz na Fronteira Oeste do Estado.

Após a coleta, que ocorreu na segunda quinzena de março de 2022, subamostras de cada amostra dos solos foram secas ao ar, peneiradas em malha de 2 mm e guardadas para determinação da análise química básica (Tedesco et al., 1997) e dos teores de ferro extraído com oxalato de amônio 0,2M pH 6,0 (Feo pH 6,0). Usou-se 0,15g de amostra de solo moído em gral para 30 mL do extrator oxalato de amônio 0,2M pH 6,0 segundo método clássico desenvolvido por Schwertmann (1988) e método descrito em Vahl et al. (1999) que modificou o pH do extrator para 6,0.

Para realização do cálculo da PSFe²⁺ para estimação do ferro trocável foram estimados inicialmente os valores do Fe²⁺ trocável conforme descrito em SOSBAI (2012), usando os valores extraídos de FeO pH 6,0 para estimar as quantidades de ferro trocável durante o alagamento através da equação: $\text{Fe}^{2+} (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = 0,322 + 17,92 \text{ FeO (g } 100\text{cm}^{-3})$. Posteriormente com os valores de Fe²⁺ trocável estimado e da CTC potencial do solo foi calculada a porcentagem de saturação da CTC por Fe²⁺: $\text{PSFe}^{2+} (\%) = 100 \times \text{Fe}^{2+} (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) / \text{CTC}_{\text{pH}7,0}$, e finalmente cada solo foi classificado quanto ao risco de ocorrência de toxidez por ferro segundo a escala de interpretação

proposto em SOSBAI (2012) do grau de $PSFe^{2+}$: baixo ($PSFe^{2+} < 20$), médio ($21 < PSFe^{2+} < 40$) e alto ($PSFe^{2+} > 40$) para estimativa do ferro trocável.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão descritos as amostras de solos, juntamente com os municípios coletados e a respectiva classificação brasileira de solos (EMBRAPA, 2006).

Tabela 1. Solos analisados e suas respectivas classificações (EMBRAPA, 2006), quantidade de Fe^{2+} trocável ($cmol_{cc}dm^{-3}$) estimado a partir de SOSBAI (2012), $PSFe^{2+}(\%)$ e risco de ocorrência de toxidez por ferro.

Solos-Classificação (2006)	Fe^{2+} trocável	$PSFe^{2+}$	Riscos de Toxidez de Ferro
1. Planossolo Háplico	2,30	30,66	Médio
2. Planossolo Háplico	1,85	31,90	Médio
3. Planossolo Háplico	2,75	50,00	Alto
4. Planossolo Háplico	1,55	32,29	Médio
5. Planossolo Háplico	2,35	46,08	Alto
6. Gleissolo Háplico	5,15	52,55	Alto
7. Gleissolo Háplico	4,70	46,07	Alto
8. Gleissolo Háplico	3,85	43,26	Alto
9. Gleissolo Háplico	4,90	41,52	Alto
10. Gleissolo Háplico	5,25	42,00	Alto
11. Vertissolo Ebânico	3,75	11,53	Baixo
12. Vertissolo Ebânico	3,25	9,10	Baixo
13. Vertissolo Ebânico	3,98	10,33	Baixo
14. Vertissolo Ebânico	3,12	8,70	Baixo
15. Vertissolo Ebânico	2,90	7,11	Baixo
16. Chernossolo Ebânico	2,35	11,46	Baixo
17. Chernossolo Ebânico	2,58	12,11	Baixo
18. Chernossolo Ebânico	3,15	13,88	Baixo
19. Chernossolo Ebânico	3,40	14,46	Baixo
20. Chernossolo Ebânico	2,15	11,55	Baixo

Fonte: Os autores.

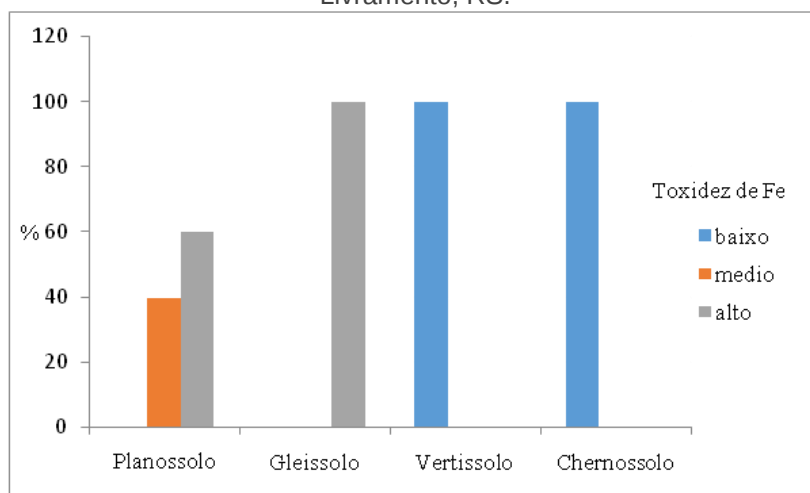
Observou-se que 50% das amostras de solos avaliadas encontram-se no nível baixo de toxidez de ferro, não necessitando de medidas preventivas ou corretivas para a toxidez de Fe. Em relação ao nível médio de toxidez de ferro observou-se que 15% das amostras foram classificadas, o que sinaliza a necessidade de adoção de medidas preventivas como a escolha de cultivares e adubação potássica. A maior preocupação ocorre no nível alto de toxidez de ferro, onde 35% das amostras encontram-se nestas condições. Neste caso, a necessidade de usar todas as formas de manejo possíveis para evitar um estresse abiótico na cultura de arroz irrigado. Segundo Schmidt et al. (2013), recomenda-se a utilização de cultivares tolerante a

toxidez de ferro, a calagem, a adubação potássica e nitrogenada e mesmo assim caso haja esse estresse abiótica usar a irrigação intermitente.

Os solos Vertissolo e Chernossolo apresentam maiores teores de ferro total do que os demais solos, pois são solos oriundos do derramamento basáltico (Streck et al., 2008). Segundo Wolter (2014), isso não é um indicativo de ocorrência de toxidez de ferro, já que a forma de ferro diretamente relacionada com a redução do solo é o ferro de baixa cristalinidade formado em condições de oxi-redução. Além disso, o baixo risco de toxidez de ferro observado parece estar relacionado com a maior presença de CTC potencial, devido especialmente aos cátions Ca e Mg que fazem parte da constituição dos argilomineráls Esmectita e Vermiculita presentes nestas classes de Solos.

As classes de Solos Planossolo e Gleissolo são formadas diretamente pelo processo de gleização, onde parte do ferro total do solo perde-se do ambiente (Pinto et al., 2004). Apesar disso, ocorre maior formação de óxidos de ferro de baixa cristalinidade, principalmente no Gleissolo, devido às maiores frequências de ciclos de oxidação e redução ocorrentes nestas classes de solos que predispõem a ocorrer maior formação de óxidos de ferro de baixa cristalinidade (Vahl, 1991). Os riscos de toxidez de ferro foram baixo nestas classes, pois as mesmas apresentam baixa CTC potencial do solo decorrente da maior lixiviação de cátions básicos como cálcio e magnésio e conseqüentemente a pouca formação de argilominerais 2:1. Segundo Pinto et al. (2004), os solos de várzea apresenta como principal limitação a baixa fertilidade do solo, principalmente nas classes de Planossolo e Gleização, que são as classes de maior utilização para o cultivo de arroz irrigado por alagamento.

Figura 1. Risco de ocorrência de toxidez por ferro (%) em diferentes classes de solos em Santana do Livramento, RS.



Fonte: Os autores.

4. CONCLUSÕES

Existem diferentes níveis de toxidez de ferro a cultura de arroz irrigado nas classes de solos avaliadas.

As classes de solos Gleissolo e Planossolo apresentaram locais com níveis altos de toxidez de ferro, em decorrência da formação de óxidos de ferro de baixa cristalinidade associada a baixa CTC potencial dos solos.

As classes de solos Vertissolo e Chernossolo apresentaram níveis baixos de toxidez de ferro devido principalmente a alta CTC potencial decorrente da presença de argilominerais 2:1 presente nestes solos.

REFERÊNCIAS

- AUDEBERT, A.; SAHRAWAT, K. L. Mechanisms for iron toxicity tolerance in lowland rice. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 23, p. 1877-1885, 2000.
- BENCKISER, G.; OTTOW, J.C.G.; SANTIAGO, S.; WATANABE, I. Iron toxicity – Effect of phosphorus, potassium, calcium and magnesium fertilization on rhizoflora, redox potential and iron uptake by different rice varieties (*Oryza sativa* L.). **Landw. Forschung**, v. 36, p. 285–299, 1983.
- BLUME, H. P. The fate of iron during soil formation in humid-temperate environment. In: STUCKY, J. W.; GOODMAN, B. A.; SCHWERTMANN, U. (Eds.). **Iron in soils and Clay minerals**. Holland: D. Reidel. 1988. Cap. 21, p. 749-777.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- GONÇALVES, G. K.; MEURER, E. J.; BORTOLON, L.; GONÇALVES, D. R. N. Relação entre óxidos de ferro e de manganês e a sorção de fósforo em solos no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1633-1639, 2011.
- GUERINOT, M. L.; YI, Y. Iron: nutritious, noxious, and readily available. **Plant Physiology**, v. 104, p. 815-820. 1994.
- MUNCH, J. C.; OTTOW, J. C. G. Preferential reduction of amorphous to crystalline iron oxides by bacterial activity. **Science**, v. 129, p. 15–31. 1977.
- PINTO, L. F. S.; LAUS NETO, J. A.; PAULETTO, E. A. **Solos de várzea no Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 75-95.
- PONNAMPERUMA, F. N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, New York, v. 24, p. 29-96, 1972.
- SCHMIDT, F.; FORTES, M. A.; WESZ, J.; BUSS, G. L.; SOUSA, R. O. Impacto do manejo da água na toxidez por ferro no arroz irrigado por alagamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1226-1235, 2013.
- SCHWERTMANN, U. The effect of pedogenic environments on iron oxide minerals. **Advanced Soil Science**, Georgetown, v. 1, p. 171–200, 1985.
- SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, 29. Gravatal, SC. – Itajaí, SC: SOSBAI, 2012. 179 p.
- SOSBAI. **XXXIII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado** (7. : 2022 : Restinga Seca, RS) Arroz irrigado [livro eletrônico] : recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil -- 33. ed. -- Restinga Seca, RS : SOSBAI ; Porto

Alegre, RS: Epagri, Embrapa, Irga, UFPel, UFRGS, UFSM, 2023. -- (Reunião técnica da cultura do arroz irrigado ; 33) PDF

SOUSA, R. O.; GOMES, A. S.; VAHL, L. C. Toxidez por ferro em arroz irrigado. *In*: GOMES, A. S.; MAGALHÃES Jr., A. M. (Eds.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. p. 305-337.

SOUSA, R. O.; VAHL, L. C.; OTERO, X. L. Química de Solos Alagados. *In*: MELLO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e Mineralogia do Solo**. Parte II – Aplicações. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 485-528.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre, EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222p.

TEDESCO, M. J. GIANELLO, C.; BISSANI, C.A ; BOHNEN, H.; VOLK WEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS. 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, n.5).

VAHL, L. C. **Toxidez de ferro em genótipos de arroz irrigado por alagamento**. 1991. 173 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

VAHL, L. C.; SOUSA, R. O. Aspectos físico-químicos de solos alagados. *In*: GOMES, A.S.; MAGALHÃES Jr., A. M. (eds.). **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. p. 97-118.

WOLTER, R. C. D. **Prognóstico da toxidez de ferro por ferro em arroz irrigado a partir da análise química do solo**. 2014. 129f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Solos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CAPÍTULO 7

COMPETITIVE INTELLIGENCE MATURITY LEVEL: A STUDY IN RONDONÓPOLIS AGRICULTURAL COMPANIES THAT HAVE CONTROLLERSHIP

Josemar Ribeiro de Oliveira

Doctor of Administration

Institution: Universidade Federal de Rondonópolis (UFR)

Address: Rondonópolis, Mato Grosso, Brazil

E-mail: kacic1@hotmail.com

Leonel Cesar Rodrigues

PhD in Production Engineering from the Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Institution: Universidade Nove de Julho (UNINOVE)

Address: São Paulo, São Paulo, Brazil

E-mail: leonelcz@gmail.com

Ramon Luiz Arenhardt

Doctor in Administration

Institution: Universidade Federal de Rondonópolis (UFR)

Address: Rondonópolis, Mato Grosso, Brazil

E-mail: ramon@ufr.edu.br

Sofia Ines Niveiros

Doctor in Production Engineering from the Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Institution: Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Address: Rondonópolis, Mato Grosso, Brazil

E-mail: sofia@ufr.edu.br

ABSTRACT: Competitive Intelligence is a tool that provides support to the decision-making process, as well as the development of strategies, which aim to increase competitive power in organizations. Maturity level is the degree to which organizations use the best practices in their processes, through a maturity model that describes the entire development of the entity. Therefore, this research aims to identify at what level of maturity are the agricultural companies of Rondonópolis-MT that have control. Thus, the main points of prominence in the literature about this tool were raised and a questionnaire was applied, trying to observe in which level of maturity the company is, as well as what it already has in relation to the context and the processes for the Competitive Intelligence. Concluding, with the confirmation of the hypothesis that the agricultural companies that have control, located in the municipality of Rondonópolis-MT, have a low level of maturity of CI- Competitive Intelligence.

KEYWORDS: Competitive intelligence; Maturity level; Agricultural companies.

RESUMO: A Inteligência Competitiva é uma ferramenta que oferece apoio ao processo decisório, além do desenvolvimento de estratégias, as quais visam aumentar o poder competitivo nas organizações. Já nível de maturidade é o grau em que as

organizações utilizam as melhores praticas em seus processos, através de um modelo de maturidade que descreva todo o desenvolvimento da entidade. Com isso, essa pesquisa tem por objetivo identificar em que nível de maturidade se encontram as empresas agropecuárias de Rondonópolis-MT que possuem controladoria. Assim, foram levantados os principais pontos de destaques na literatura acerca dessa ferramenta e aplicado um questionário procurando observar em que nível de maturidade a empresa se encontra, assim como o que ela já possui com relação ao contexto e os processos para a Inteligência Competitiva. Concluindo assim, com a confirmação da hipótese de que as empresas agropecuárias que possuem controladoria, localizadas no município de Rondonópolis-MT, possuem um baixo nível de maturidade de IC- Inteligência Competitiva.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência competitiva; Nível de maturidade; Empresas agropecuárias.

1. INTRODUCTION

The use of information obtained by deploying competitive intelligence in organizations is increasingly common in this competitive market. In addition to the information gathered by the SIG – Management Information System, which provides structured data and information, the controller also needs to use unstructured information captured through competitive intelligence.

In this context, the understanding of the maturity level of CI- Competitive Intelligence, in the agricultural companies of Rondonópolis – MT, which have the implemented control, is presented as a mechanism to achieve this objective, because depending on the level presented it will be possible that the controllers of these organizations will be able to use the information obtained through the CI already implemented, or may be able to implement.

In this work, a model was applied to measure the level of maturity of the IC in the largest agricultural companies that have control in Rondonópolis – MT, presenting a favorable environment or not for the controller to be able to use the information obtained by the IC of the organization in its decision models.

2. THEME / PROBLEM

The origin of the CI refers to the military context with the objective of obtaining information to safeguard the defense and national sovereignty. For the business environment the use of IC began with the end of the Cold War, in the late 1980s. (Rodrigues; Riccardi, 2007).

The sophistication of computer systems (software) for access and management of information, available to organizations and the growing need for an increase in tacit knowledge in people, made the CI arise naturally. (Rodrigues; Riccardi 2007, p.28)

For Rodrigues and Riccardi (2007, p. 28) CI – Competitive Intelligence is "the support to the decision-making process and development of strategies, aiming to increase the competitive power in organizations and their businesses". It is therefore a necessary business strategy for the controllers in the formulation of their decision models.

It is by means of this strategy that the top management will define the paths that the organization will follow, that is, it will define who the entity is, what it values and where it intends to arrive. Costa (2005 apud Oliveira; Perez Jr.; Silva, 2009, p. 140),

cites that "the strategy must be part of the day-to-day life of companies and not be used only in annual events". Complementing that it "must permeate the entire organization, not be exclusive privilege senior executives'. With this, the authors demonstrate the importance of the CI in the decision-making process and therefore can expand to the controller's decision-making process.

Its basic idea is to be a system for collecting and making available internal and external information, in a systemic manner, for making decisions, expanding individual capabilities, understanding competitors, identifying trends in the environment and the organization's competitive positioning. (Rodrigues; Riccardi, 2007).

This work will be applied together with the farming companies of Rondonópolis-MT that have control implanted, because the controllers of these companies need more information of a strategic nature. Having said that, the following question was raised: **What are the levels of maturity of the Competitive Intelligence CI existing in the agriculture companies of Rondonópolis – MT that have Controladoria implemented?** Once the problem is defined, it is justified.

3. JUSTIFICATION

Information as a fundamental factor for the growth of organizations and consolidation of the importance of control must be captured from all sources. For the composition of the control's decision model, the information of competitive intelligence must be entered, because the purpose of the controllers' decisions is to reduce the errors of the managers' decisions, ultimately achieving the main objective of this unit.

Thus, the importance of this research is verified, since the level of maturity of the researched organizations will provide the controllers conditions to evaluate the possibility of implementing the use of this information coming from the IC. Besides it is possible to determine which internal procedures should be improved to improve the flow of information and data captured from the CI.

And finally, to provide for the student, knowledge about CI and its use by the controllers in the companies that have control, located in the municipality of Rondonópolis, a system much used by the corporate world.

4. SEARCH GOALS

According to Beuren (2010, p. 65), "the objectives indicate the result that is intended to be achieved at the end of the research". They set out proposed actions to answer the question posed by the problem. Thus, the present research presents its general objective and four (4) specific objectives.

5. GENERAL AND SPECIFIC OBJECTIVES

The general objective of this research is to identify the level of maturity in the companies that have control, located in Rondonópolis – MT. After defining the general objective, in order to achieve it, the specific objectives are demonstrated as follows. The specific objectives presented in the work are:

- to survey which farming companies in Rondonópolis have Implemented Controllershship;
- determine which are the companies with higher structure under control;
- apply the IC Maturity level verification model in each surveyed company;
- stratify companies by maturity level of CIs.

6. HYPOTHESIS

The hypothesis has the function of anticipating the response to the research problem, with the aim of guiding the researcher in defining the strategies to be used in solving the problem. Thus, it is believed that the agricultural companies that have control, located in the municipality of Rondonópolis-MT have a low level of maturity of CI- Competitive Intelligence. Once the hypothesis has been defined, the methodology of the research is passed, which are the steps for confirming it or not.

7. THEORETICAL RATIONALE

This topic covers the main publications on the key subject of the work, presenting the bibliography survey on subjects with emphasis on competitive intelligence and concluding with the exhibition of the concept of maturity level.

8. COMPETITIVE INTELLIGENCE

It can be said that the current globalized and competitive world has become changeable and turbulent, where great changes occur constantly.

Because of the constant variation, it becomes more and more difficult to count on any forecast of the future, since transactions cause great impacts on the life of an organization. Organizations' success is linked to their ability to interpret external reality and therefore the need for managers to be informed about competitiveness and technological and information development (Martial, 2013).

The importance of having information constantly arises for the decision-making process, because it is based on information about the market in order to change and adapt the company in the organizational market.

Competitive intelligence can be used as a tool to collect unstructured information from the environment, which will be used in decision making.

According to Battaglia (1999 apud Rodrigues *et al.*, 2011, p. 5), "an important characteristic that the process of competitive intelligence must possess is the capacity to generate, distribute and analyze information with speed, only thus, can we accompany the speed with which the changes occur".

It can also be understood as a program of gathering and analyzing information about its competitors and business strategy to achieve the entity's goal.

Martial (2013, p. 36) defines Competitive Intelligence as:

A systematic and ethical process that aims to discover the forces that govern business, reduce risk and lead the decision maker to act proactively, as well as protect the sensitive knowledge produced.

The IC process also has the objective of transforming data and information into intelligence. It is a representation of facts through documents, accounts and other means, not yet mastered to the process of analysis. The data comes before the information, which represents the data association (Martial, 2013).

The focus of Competitive Intelligence is to support decisions. In the field applied, the CI has the function of supporting the decision-making process and planning. Furthermore, Marcial (2013, p. 42) states that "it is up to the IC to support strategic decisions, and to offer information that prevents the organization from being surprised.

Thus, it also contributes to the existence in organizations, the considered increase of profit and the reduction of costs". After the definition of CIs, the maturity level is discussed.

9. IC MATURITY LEVEL

The maturity model is responsible for describing the entire development of an entity in a certain period of time. These models are designed to assist in the choice of responsibilities, through performance evaluation and competitive assessment. Beltrame and Zuquetto (2012, p. 7) state that:

A maturity level is composed of specific and generic practices related to a predefined set of process areas that improve the overall performance of the organization. The maturity level of an organization is an indication of the organization's performance in a given discipline or set of disciplines. Experience shows that organizations perform best when they focus process improvement efforts on a manageable number of process areas at a given time, and that these areas require increasing sophistication as the organization improves.

Maturity can be seen as the degree to which organizations use best practices in their processes. The maturity model is a concept of structure, made up of parts that define the area of interest, and is made up of parts that define maturity in the area of interest. The model by Rodrigues and Riccardi (2007) classifies maturity in use of Competitive Intelligence into five levels:

- informal: Incipient, without defined norm or structure;
- formal: structured and standardized system;
- disciplined: system is embedded the institution and is practiced;
- controlled: is characterized by system performance evaluation processes;
- optimized: characterized by magnification the scope of the system and its improvement.

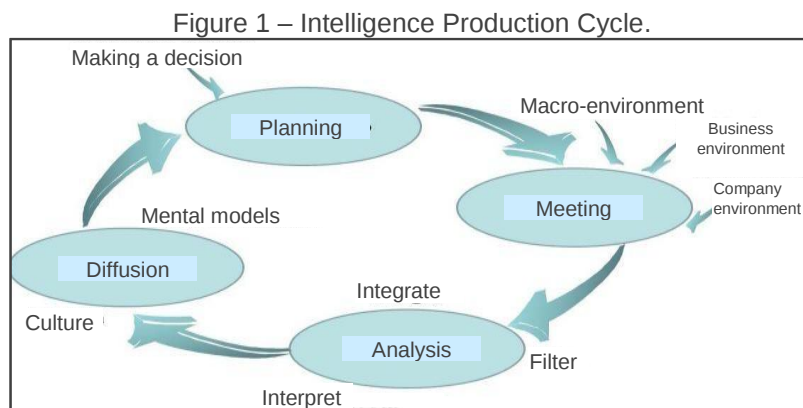
Each maturity level has unique characteristics and each level is only exceeded if all the characteristics of that level have been met. For Competitive Intelligence to be implemented, it takes a hard commitment to normalize procedures to increase system maturity because the higher the level of maturity of an organization, the greater its competitive capacity. (Rodrigues; Riccardi, 2007). Segundo Rodrigues *et al.* (2011, p. 7):

For an organization to be mature in Competitive Intelligence it must have its Competitive Intelligence process, structured as a company system and also possess an information technology infrastructure to properly support the process. In addition, the intelligence process Competitive must also have a very well-defined structure, function, institutional assignment, and resources within the organization.

The degree of maturity of Competitive Intelligence can be identified from the identification of the component characteristics of each maturity level cited by the above authors, in their stages of development. The more mature an organization is, the more competitive it is.

10. COMPETITIVE INTELLIGENCE MODELS

Several models are found in the literature that describe the intelligence production cycle. These models guide the development of intelligence for use in decision-making, planning and innovation processes. The clearest model that shows this process is the one presented by Kahaner (1996 apud Marcial, 2013, p. 48) because it is composed essentially of four stages: planning, meeting, analysis and dissemination, as shown in Figure 1.



Source: Kahaner (1996 apud Marcial, 2013 p. 48).

The other models described by other authors are similar, plus steps described by Kahaner (1996), or are similarly characterized by the use of synonyms to symbolize the same activity.

11. MEASUREMENT OF THE LEVEL OF IC – COMPETITIVE INTELLIGENCE

When one speaks of measuring the results of a company, one thinks first of only comparing the assets at the beginning of a period such as the end and verifying whether there were losses or gains. However, that would be a balance sheet. In order to measure results first, an analysis must be made of the data that occurred within a certain period of time, such as the quantity produced and sold.

When measuring results in an organization, you need to be sure about the balance sheet numbers. In the accounting area, measuring is assigning numeric values to any element that is related to a company.

Lemes (1996, p. 96 apud Santos; Ponte 1998, p. 12), quotes that the measurement:

(...) can be compared to a lens through which the manager sees reality around him. As the lens used, the measurement may increase. Reducing, or distorting, the image that the manager has would create reality. Thus, the main problem is to establish the "lens" that offers the manager the best conditions to meet the company's objectives.

This lens cited by the authors can be understood as the concepts and criteria used by the entity to measure its transactions. A maturity model presents the development of an organization over a period of time. Its purpose is to assist in the choice of responsibilities through a performance evaluation. According to Beltrame and Zuquetto (2012, p. 6):

The development of a maturity model requires the identification of a methodology, the maturity levels that will exist within the model and the maturity dimensions that should be assessed. Thus, the construction of the maturity model followed the best practices of institutions such as the IT Governance Institute (2007) and the Software Engineering Institute (2006), which already work with this concept. The levels were considered to be five – informal, basic, intermediate, advanced and world standard. For the dimensions to be analyzed, several bibliographies were researched, but it was identified that the dimensions that best represented a maturity model in CI were those addressed in the Panizzon research (2010).

Beltrame and Zuquetto (2012) add that "maturity is the degree to which organizations use best practices in their internal processes and systems."

Starting from the analysis of maturity levels, process dimensions and context, it is possible to elaborate the IC Maturity Matrix that allows you to visualize what level

the company is at, what it already has with respect to the context and processes for competitive intelligence and what are the next steps to raise the maturity level of the organization. Beltrame and Zuquetto (2012).

Figure 2 – Maturity matrix of CI according to Beltrame and Zuquetto (2012).

	1. Informal	2. Basic	3. Intermediary	4. Advanced	5. World Standard
Organizational culture	No understanding of the value of systematic efforts.	They have a neutral view of CI.	There is a shared and shared vision of information sharing.	Everyone in the organization understands the benefits of CI for decision-making	Systematic CI. Everyone understands the importance of the SIC for the organization. Continuous system improvement.
Structure	There is no defined structure for CI. No coordination or dedicated resources.	A responsible person. Increased but decentralized coordination.	Full-time coordination. Software is used in some stages of the process.	Networks with dedicated resources in all business units. Various software programs are used in all phases of the SIC.	Management or manager of CI with person fully and partially dedicated to the process.
Employee involvement	There is no dedicated structure and does not usually share the information (information is power).	Supreme the intelligence system with some secondary information.	The teams observe the standards and procedures.	Participation of all in the process.	Everyone knows the policies and procedures and participates. Activity in the process.
Involvement of senior management	It does not constantly reaffirm the importance of CI. It does not use information generated for decision making. It often retains strategic information.	The work of IC starts to arouse the attention of the executives.	The top management supports the intelligence system within the organization. the proper use of information within the organization.	Full support of the high direction.	Support from the highest level.
Planning and focus	There is no planning, ad hoc and chaotic activities.	Limited to small studies on demand (ad hoc), however, there is a	There are procedures and standards defined.	Qualitative objectives for process quality and performance.	Fully planned, future-oriented and focused outside the micro-business environment.
Collection	Buying disorderly information. Informality in the storage of this information.	Collection is performed primarily from secondary sources.	Centralized collection of primary and secondary information. Some networks are beginning to form.	Access to primary information located.	Collection is carried out systematically.

	1. Informal	2. Basic	3. Intermediary	4. Advanced	5. World Standard
Analysis	The analysis is individual without a methodology, the perception of the problems is incomplete.	Little or no is done in a needy way.	The analysis of information begins to exist, however in an amateur manner.	In-depth reviews and personalized presentations and reports. Qualitative analysis.	Analytics tools are used wisely, allowing analysts to use their time for activities that add more value to intelligence.
Dissemination	Emails, shared folders on the server. Dissemination occurs by the good will of some.	There is an intranet for publishing deliveries.	There is a web portal, sometimes there is a specific portal for CI.	Alert generation and content production fully integrated with users' needs.	Analyst feedback, delivery of scheduled analyzes, and integrated with key decisions.
Integration, assessment and feedback	The decision-making process is not supported by information. There is no evaluation of the process and feedback when it occurs is informal.	There is no integration between processes and tools with the decision-making process. Assessment and feedback are still informal.	Decision-making is often supported by timely information. Processes begin to be measured and verified.	The decision-making process is fully supported by timely information. Defined parameters and performance indicators. Audit and evaluation of the return of the CI.	Fully integrated with the decision-making process. Evaluation carried out on quantified and statistical data. Continuous improvement inherent in the process.

Source: Beltrame and Zuquetto (2012).

The minimum score indicates that the progression stage has been reached, or at least the organization is on its way. The author points out that the outcome is not readily identified and some organizations can reach parts of one stage along with parts of other stages. If organizations do not reach any of the maturity levels in CI, they are at the lowest level of development in CI, being the Informal level. Beltrame and Zuquetto (2012).

12. METHODOLOGY

The research methodology seeks to explain the methods used to reach the objectives proposed by the research, highlighting the procedures used to obtain the result. The present study is characterized as exploratory research because it is a subject with little knowledge, which makes the subject more intense in order to make it clear and clarify the issues addressed on the subject.

According to Gil (1999 apud Beuren, 2010, p. 80): Exploratory research is developed in the sense of providing an overview about a given fact.

As to the procedure adopted, the research is bibliographic and survey or survey. A survey survey is characterized by the question of people about the problem studied, so that an analysis can be carried out and conclusions drawn.

Gil (1999 apud Beuren, 2010, p. 86) points out that survey studies are very useful in opinion and attitude research, however little indicated in the study of problems referring to social relations and structure. The survey is considered survey or survey due to the application of a questionnaire in order to measure the maturity level of the organization from competitive intelligence. A bibliographic survey pontificates a problem from theoretical benchmarks. Gil (1999 apud Beuren, 2010, p. 87) explains that bibliographic research is developed through already elaborated material, mainly books and scientific articles.

The research is considered bibliographic precisely because its development is carried out from the publications of authors on the related theme, gathering information and previous knowledge on the object of study. Regarding the approach of the problem, the research is defined as qualitative, for being carried out an analysis regarding the use of Competitive Intelligence by the organization. Richardson (1999, p. 80 apud Beuren, 2010, p.81) mentions that studies employing a qualitative methodology can describe the complexity of a given problem.

The research also has a quantitative view, because statistical instruments are used in the collection and treatment of information. Richardson (1999, p. 70 apud Beuren, 2010, p. 81) cites that the quantitative approach is characterized by the use of quantification both in the modalities of collecting information, and in the treatment of it by means of statistical techniques.

The data collection will be done starting from the application of a questionnaire to the controllers of the selected companies. According to information from the municipal government, there are 35 companies in the agricultural branch that have control, registered in the municipality of Rondonópolis. It is then defined that the population of the research is dealing with these 35 companies.

The sample that is defined by Beuren (2010, p.120) as a small part of the selected population or universe, is conditioned to the return of the questionnaires. The sample consisted of 18 companies, which replied to the questionnaire.

13. RESULTS

This topic presents the result of the applied research with the agricultural and livestock companies that have control located in the city of Rondonópolis – MT that have control.

14. THE COMPANIES SURVEYED

Thirty-five (35) questionnaires were sent and 18 (18) were received to analyze the maturity level of each responding undertaking. The following describes each of the companies surveyed:

Table 1 – Companies Searched.

Business	Key product	DeploymentController
01- Salles	Soybeans	2009
02- Good Jesus	Soybeans, Cotton	2011
03- Adriana	Soybean seeds	2009
04- Horse	Soybeans, Cotton	2008
05-Garcia	Soybeans	2011
06- Sachetti	Soybeans	2012
07- Petrovina	Soybeans	2014
08-Amaggi	Soybeans	2005
09- Santa Mariana	Soybeans	2014
10- Unipéc	Soybeans	2012
11- Active	Cattle	2010
12- Walnut	Cattle	2012
13- Pauliceia	Cattle	2010
14- Gathered Itapagé	Cattle	2012
15- Ribeirão	Cattle	2013
16- Tower	Soybeans	2013
17- Planaltine	Soybeans and Cattle	2010
18- Monique	Soybeans and Cattle	2010

Source: Prepared by the Authors (2017).

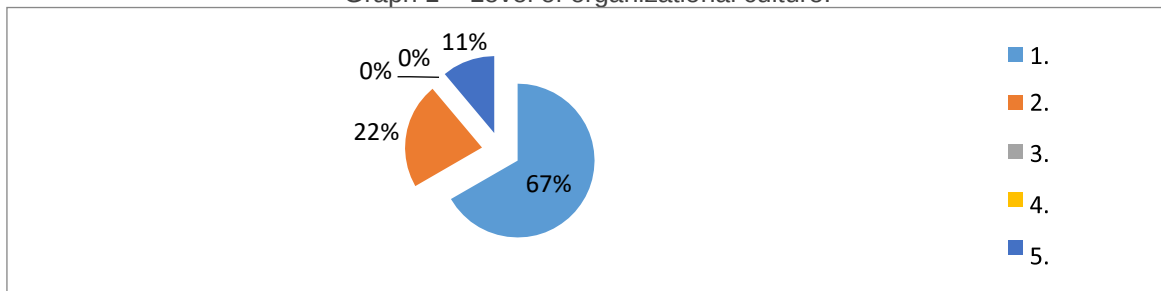
15. ANALYSIS AND DISCUSSION OF RESULTS

First, each question that makes up the applied questionnaire is analyzed.

Question 1: How do you define the organizational level of the entity?

The data showed that 67% of the companies surveyed did not have an understanding of the value of systematic efforts, 22% said they had a neutral view and 11% said that everyone in the entity understood the importance of competitive intelligence for the decision-making process.

Graph 1 – Level of organizational culture.

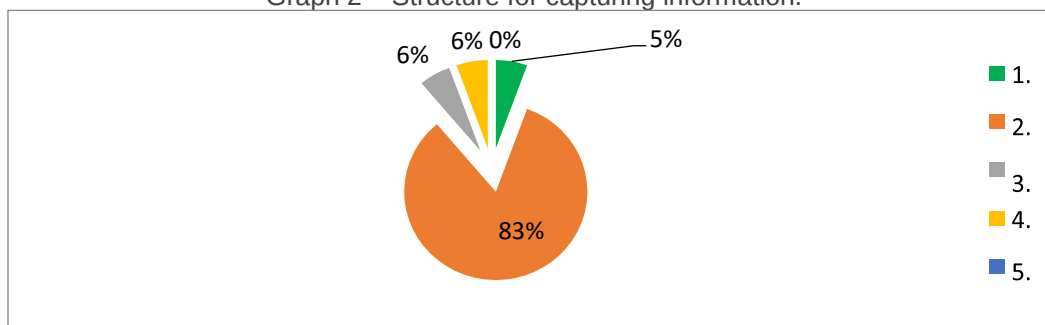


Source: Data obtained by the researcher.

Question 2: What is the structure (physical resources) for capturing information?

In question 02, the aim was to demonstrate the level of physical resources (structure) used to capture information. It can be seen from the replies provided that the largest share of companies is at level 2 of structure for information capture.

Graph 2 – Structure for capturing information.

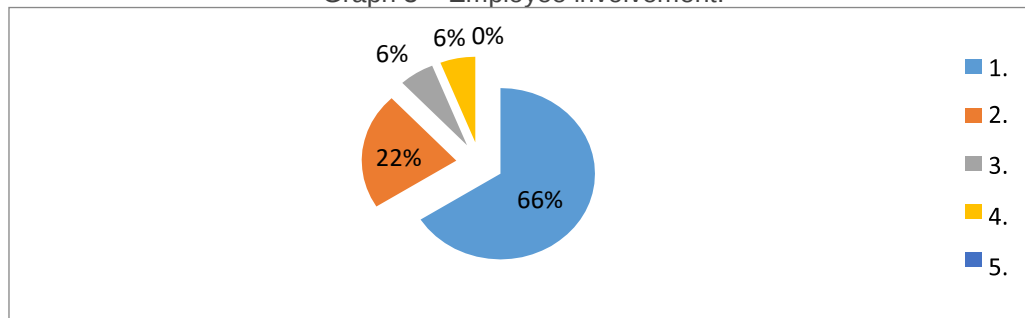


Source: Data obtained by the researcher.

Question 3: How is employee involvement in information gathering?

From the visualization of Graph 3, it can be verified that in 66% of the companies surveyed there is no dedicated structure and does not usually share information. In 22% the intelligence system is composed of secondary information, while in 6% the standards and procedures are observed by teams, and also in 6% there is the participation of all in the process.

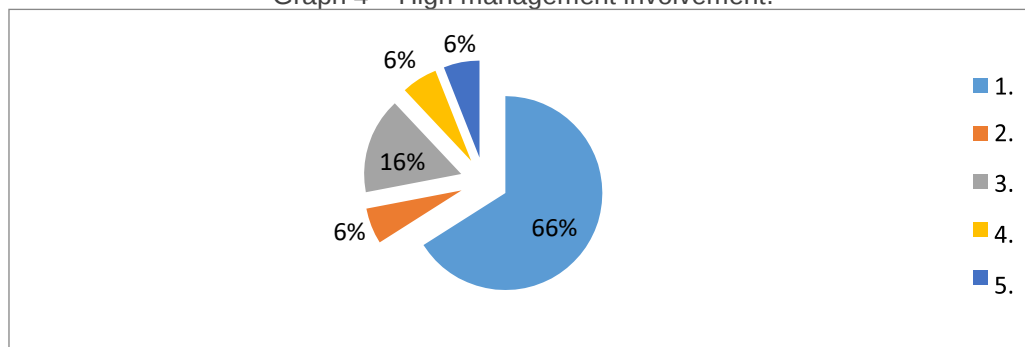
Graph 3 – Employee involvement.



Source: Data obtained by the researcher.

Question 4: How is the involvement of senior management in the collection and use of information? According to data gathered (Graph 4), it is observed that 66% of the companies surveyed do not use the information generated for decision making, while in 16% the top management supports the intelligence system within the organization making good use of the information.

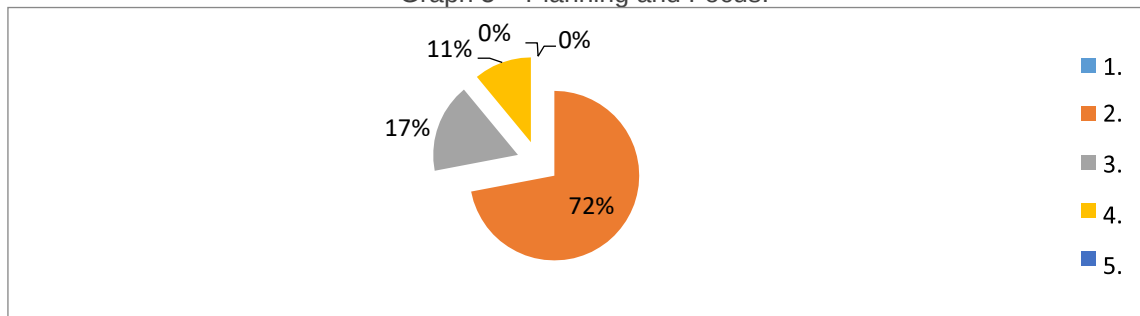
Graph 4 – High management involvement.



Source: Data obtained by the researcher.

Question 5: What planning and focus was used? 72% of the companies replied that the planning is limited to small studies, while in 17% there are procedures and standards defined, and in 11% quantitative objectives are made for the quality and performance of the process.

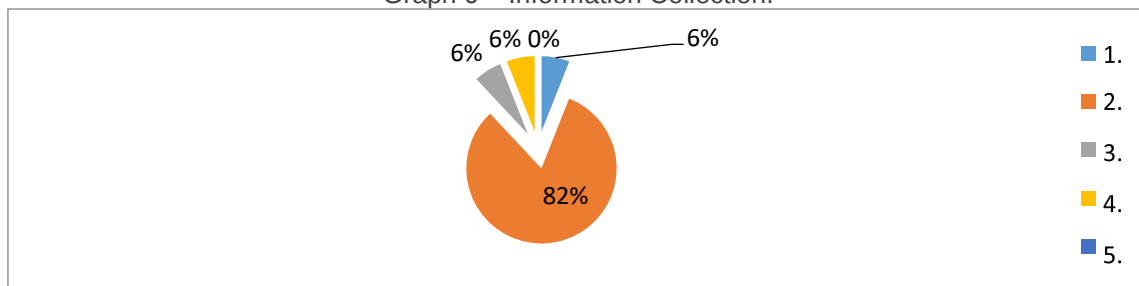
Graph 5 – Planning and Focus.



Source: Data obtained by the researcher.

Question 6: How is information collection carried out? The result obtained with this survey indicated that in 82% of the companies the collection of information is carried out basically from secondary sources.

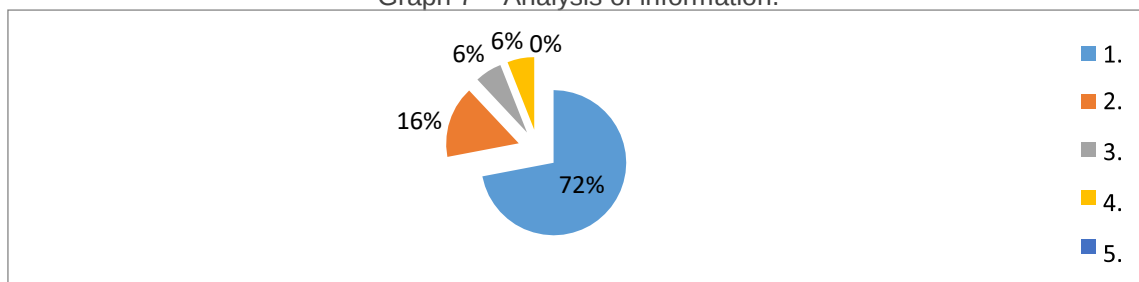
Graph 6 – Information Collection.



Source: Data obtained by researchers.

Question 7: How is the analysis of the collected information carried out? With this question, it was raised in the companies studied, how is the analysis of the information carried out. The result obtained shows that in 72% of the companies an individual analysis is carried out and without a methodology, while in 16% an analysis is carried out little and lacking. Already in 6% there is an analysis carried out in an amateur way, and in 6% there is also an in-depth analysis with the presentation of reports.

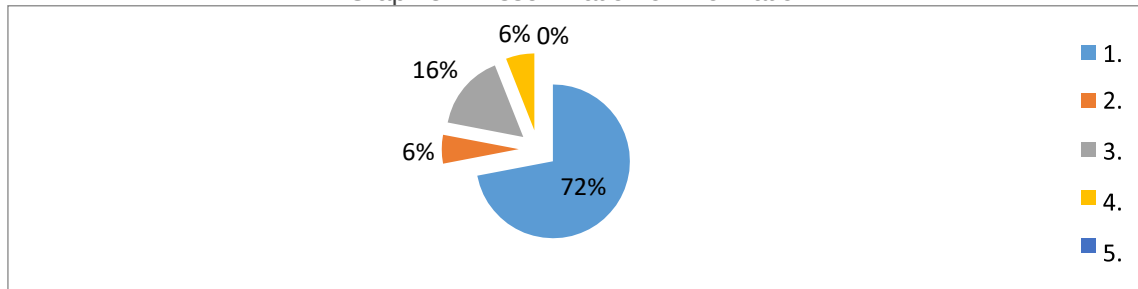
Graph 7 – Analysis of information.



Source: Data obtained by the researcher.

Question 8: How is the information transmitted? Of the companies surveyed, in 72% the transmission is done through emails or shared folders on the server, while in 16% there is a specific web portal for IC. In 6% of companies there is an intranet for publishing deliveries, and in 6% alerts and production of content are generated that are fully integrated with users' needs.

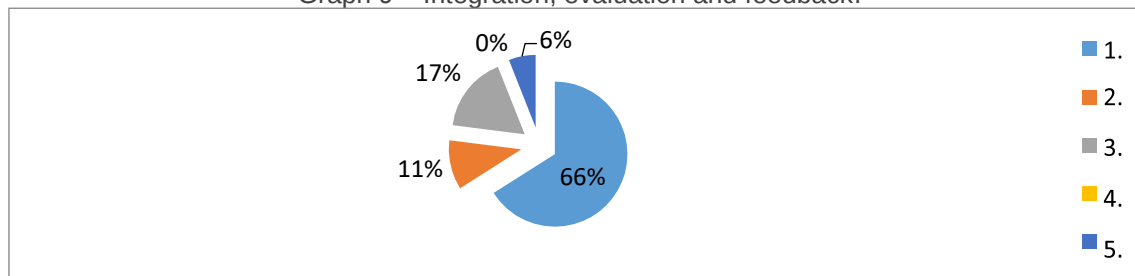
Graph 8 – Dissemination of information.



Source: Data obtained by researchers.

Question 9: As for integration, evaluation and feedback: Of the companies surveyed, 66% of the decision-making process is not supported by information, and there is no assessment of the process, and feedback occurs informally.

Graph 9 – Integration, evaluation and feedback.



Source: Data obtained by researchers.

Table 2 – Business Responses

COMPANIES	1.	2.	3.	4.	5	6	7	8	9	TOTAL L	MEDIA
01	1.	2.	1.	1.	2.	2.	1.	1.	1.	9/12	1.33
02	2.	2.	1.	1.	2.	2.	1.	1.	1.	9/13	1.44
03	1.	1.	2.	2.	2.	1.	1.	1.	2.	9/13	1.44
04	4.	3.	3.	4.	4.	3.	3.	3.	3.	9/30	3.33
05	1.	2.	1.	1.	2.	2.	1.	1.	1.	9/13	1.44
06	1.	2.	1.	1.	2.	2.	1.	1.	1.	9/13	1.44
07	1.	2.	1.	1.	2.	2.	1.	1.	1.	9/13	1.44
08	4.	4.	4.	5	4.	4.	4.	4.	5	9/38	4.22
09	1.	2.	1.	1.	2.	2.	1.	1.	1.	9/13	1.44
10	1.	2.	1.	1.	2.	2.	1.	1.	1.	9/13	1.44
11	1.	2.	1.	1.	2.	2.	1.	1.	1.	9/13	1.44
12	1.	2.	1.	1.	2.	2.	1.	1.	1.	9/13	1.44

COMPANIES	1.	2.	3.	4.	5	6	7	8	9	TOTAL L	MEDIA
13	2.	2.	2.	3.	3.	2.	2.	3.	3.	9/22	2.44
14	1.	2.	1.	1.	2.	2.	1.	1.	1.	9/13	1.44
15	1.	2.	1.	1.	2.	2.	1.	1.	1.	9/13	1.44
16	1.	2.	1.	1.	2.	2.	1.	1.	1.	9/13	1.44
17	2.	2.	2.	3.	3.	2.	2.	2.	3.	9/21	2.33
18	2.	2.	2.	3.	3.	2.	2.	3.	2.	9/21	2.33

Source: Prepared by the authors (2017)

After the analysis of each question, we analyze the identified score of each company in relation to its level of maturity.

Table 3 – Maturity level in CIs

COMPANY	SCORE	MATURITY LEVEL IC
01	1.33	Informal
02	1.37	Informal
03	1.37	Informal
04	3.37	Intermediate
05	1.37	Informal
06	1.37	Informal
07	1.37	Informal
08	4.18	Advanced
09	1.37	Informal
10	1.37	Informal
11	1.37	Informal
12	1.37	Informal
13	2.44	Basic
14	1.37	Informal
15	1.37	Informal
16	1.37	Informal
17	2.37	Basic
18	2.33	Basic

Source: Prepared by the authors (2017)

Analyzing the table above, it is possible to see that the majority of the companies surveyed are at the embryonic level of maturity from informal to basic, only three present a basic level of maturity of CI, one at the intermediate level and one at the advanced level. This fact shows the importance of developing CI- Competitive Intelligence in our region in the agricultural companies that have control and also in the others.

After entering the results of the respondents in the IC Maturity Assessment questionnaire, the Final Maturity Assessment (MFA) was obtained for each farming company, according to Table 2. Finding the average of all the results obtained with the research was an AFM of 1.80. Still giving a statistical treatment to the data is a standard deviation of 0.34 thus demonstrating a regularity in the obtained indices, without large variations in relation to the mean MPA obtained.

16. FINAL CONSIDERATIONS

This research sought to evaluate the maturity level of CI- Competitive Intelligence in agricultural companies that have control, located in Rondonópolis – MT. The results showed that the researched sector reached a maturity level of 1.80, being at the "informal" maturity level, possessing basic knowledge in Competitive Intelligence.

As for practices in CI, it was observed that strategic alignment with the business and technical competence of those involved are strong points to be considered, but there is still a deficiency with regard to the CI methodology used.

There is a need to further disseminate the subject among the controllers and encourage the standardization of the use of a methodology that increases the possibility of success in the use of **CI – Competitive Intelligence**. With this, it is considered that the chosen model for the assessment of the level of maturity in CI, proved to be very adequate to the reality of the research, since it addressed the main dimensions existing in the organization. In particular, behavioral competence has been shown to be a critical point to improve, and it demonstrates the influence of interpersonal relationships on the advancement of maturity.

The analysis of the model showed that the evaluation method and the theoretical basis proposed is appropriate to the reality of the researched sector and has made possible a coherent analysis of the organizations. The reflections contained in this Monograph leads us to the answer of the research problem since it was possible to identify the level of maturity in IC of the agricultural companies with existing controllers in Rondonópolis – MT.

The objectives were achieved in view of the fact that the model of measurement of the level of maturity was applied after having been surveyed which companies in Rondonópolis have Implemented Controllorship, determined which are the companies with the greatest structure in control, applying the model of verification of the level of Maturity of the CI in each company surveyed, thus making possible the stratification of the companies by level of maturity in CI.

The hypothesis defined at the beginning of this work was confirmed, because the maturity level of Competitive Intelligence measured for the farming sector in Rondonópolis was very low. Some gaps still exist in the present study that can be contemplated in other research, such as the level of intentionality of companies in implementing competitive intelligence management, impacts of CI in the decision models of controllers and also a study of IC deployment models together with the Controller.

REFERENCES

BELTRAME, A.; ZUQUETTO, R. D. Modelo de maturidade em inteligência competitiva. **Global Manager Academic**, v. 1, n. 2, 2012.

BEUREN, I. M. Trajetória da construção de um trabalho monográfico em contabilidade. *In*: BEUREN, I. M. (Org.). **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade**: Teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2010. p. 46-75.

MARCIAL, E. C. **Aspectos fundamentais da inteligência competitiva e a ciência da informação**. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Programa de Pós-graduação em Ciência da Informação da Universidade de Brasília. 2013.

RODRIGUES, L. C.; LOBOSCO, A.; FILHO, J. A. A.; VICENTE, I. **Analizando a presença de Inteligência Competitiva em uma Organização**: Uma análise do processo de tomada de decisões gerenciais em uma grande empresa. Lima – Peru: 2011.

RODRIGUES, L. C.; RICCARDI, R. **Inteligência Competitiva – Para negócios e organizações**. Maringá (PR): Unicorpore, 2007.

RONDONÓPOLIS, uma cidade pronta pra investir. Prefeitura Municipal de Rondonópolis, Disponível em: <http://www.rondonopolis.mt.gov.br/?pg=acidade&intCatID=116>. Acesso em: 25 de set. 2016.

CAPÍTULO 8

GENERACIÓN DE BIOENERGÍA CON HÍBRIDOS DE MAÍZ EN LA PROVINCIA DEL CHACO. UN APOORTE AL DESARROLLO REGIONAL

Eduardo Hryczyński

Especialista en Gestión Ambiental; Ingeniero Agroindustrial Ciencias Básicas y Aplicadas

Institución: Universidad Nacional del Chaco Austral

Dirección: Chaco, Argentina

Correo electrónico: ehry@uncaus.edu.ar

Daniel Orlando Brachna

Especialista en Gestión Ambiental; Ingeniero Agroindustrial Ciencias Básicas y aplicadas

Institución: Universidad Nacional del Chaco Austral

Dirección: Chaco, Argentina

Correo electrónico: dob@uncaus.edu.ar

Claudia Elisabeth Díaz Yanevich

Magíster en Administración de Negocios; Ingeniera Agroindustrial Ciencias Básicas y Aplicadas

Institución: Universidad Nacional del Chaco Austral

Dirección: Chaco, Argentina

Correo electrónico: claudiady@uncaus.edu.ar

Walter Gustavo López

Especialista en Gestión Ambiental; Ingeniero Agroindustrial Ciencias Básicas y Aplicadas

Institución: Universidad Nacional del Chaco Austral

Dirección: Chaco, Argentina

Correo electrónico: walgus@uncaus.edu.ar

Cesar Nicolás Sánchez

Ingeniero Agroindustrial Ciencias Básicas y aplicadas

Institución: Universidad Nacional del Chaco Austral

Dirección: Chaco, Argentina

Correo electrónico: cesar@uncaus.edu.ar

RESUMEN: Las grandes extensiones de cultivo de maíz en la provincia del Chaco se deben a su diversidad climática, que permite obtener un gran volumen de producción. La transformación del grano de maíz en bioetanol sería una alternativa para agregar valor en origen. El objetivo de la iniciativa fue determinar la respuesta correspondiente al rendimiento de grano y contenido de almidón de los híbridos considerados en el ensayo, por efecto de factores ambientales y edáficos, y su potencial teórico de conversión en bioetanol. Para ello, se recogieron datos climáticos y edáficos de cada parcela, y se determinó el rendimiento y contenido en almidón del grano para cada

material examinado, así como el volumen teórico esperado de bioetanol. Para determinar el comportamiento de los diferentes híbridos de maíz transgénico cultivados en distintos ambientes, se analizó la correlación entre las variables dependientes, rendimiento y almidón, y las independientes, ambiente y suelo. Esto permitió observar los efectos generados entre las variables estudiadas. Los resultados obtenidos demostraron la ausencia de correlación entre almidón y rendimiento. Se observa que los diferentes híbridos de maíz presentaron rendimientos significativos, tanto en rendimiento de grano como en composición de almidón (%), destacando su alto potencial como fuente de generación de energía renovable (bioetanol).

PALABRAS CLAVE: almidón, maíz, bioenergía, valor añadido.

ABSTRACT: The large extensions of corn cultivation in the Chaco Province are due to its climatic diversity, which allows obtaining a large volume of production. The transformation of corn grain into bioethanol would be an alternative for adding value at source. The objective of the initiative was to determine the response corresponding to grain yield and starch content of the hybrids considered in the trial, due to the effect of environmental and pedological factors, and their theoretical potential conversion into bioethanol. To this end, climatic and edaphic data were collected from each plot, and the yield and starch content of the grain was determined for each material examined, as well as the expected theoretical volume of bioethanol. To determine the behavior of the different genetically modified corn hybrids grown in different environments, the correlation between dependent variables, yield and starch, and the independent variables, environment and soil, was analyzed. This allowed us to observe the effects generated between the variables studied. The results obtained demonstrated the absence of a correlation between starch and yield. It is observed that the different corn hybrids presented significant yields, both in grain yield and starch composition (%), highlighting their high potential as a source of renewable energy generation (bioethanol).

KEYWORDS: starch, corn, bioenergy, added value.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen y juntamente con el arroz y el trigo, son los principales en la alimentación a nivel mundial [1].

En América, el maíz, ha ido evolucionando gracias a la selección de variedades, realizada por las distintas civilizaciones y adaptadas a las condiciones climáticas y culturales regionales.

En la actualidad se desarrollan nuevos híbridos con mayores rendimientos y mejores características agronómicas, capaces de resistir a enfermedades y plagas. Los avances de la biología molecular y de las técnicas de ingeniería genética abren una nueva etapa en la biotecnología aplicada a la agricultura, y ofrecen nuevas tecnologías para la producción de maíz [2], [3].

Se realizaron mejoramientos genéticos enfocados en obtener plantas con características diferenciadas, utilizando materiales resistentes a hongos e insectos [4] resistentes a factores ambientales como resistentes a la sequía [5] e inclusive resistentes a los herbicidas [6].

La región Norte de la República Argentina se caracteriza por tener un clima subtropical con estación seca. Los meses de verano presentan niveles moderados de radiación solar, altas temperaturas y baja amplitud térmica. La cantidad y la distribución de las precipitaciones en relación con la evapotranspiración potencial permiten identificar a la disponibilidad hídrica como uno de los principales factores limitantes pudiendo disminuir hasta un 25% en el rendimiento ante la ausencia de agua [7] bajo cualquier forma de laboreo [8] si la ausencia de agua se presenta durante la floración, el rendimiento en granos puede disminuir hasta el 56% [9].

El rendimiento potencial se encuentra controlado por la temperatura siendo su mejor crecimiento entre los 20 y 28 °C durante el período de llenado de granos [10]. El aumento del factor temperatura a valores superiores a 35 °C y la disminución de humedad en el período de floración afectan al rendimiento [11].

Esta disminución del rendimiento en función de los valores máximos de temperatura, es diferente según el genotipo que se utiliza ya sea templado o tropical [12].

Dentro de los factores edafológicos que inciden en el rendimiento se encuentra la Materia Orgánica (MO) dado que mejora la retención de agua y de esta manera contribuye en aumentar la calidad del suelo. Cuando la MO disminuye,

se presenta una disminución de la fertilidad, aumenta la erosión y disminuye la capacidad de infiltrar agua [13].

El Nitrógeno (N) es uno de los nutrientes presentes en el suelo que incide en el rendimiento [14]. La escasez de N puede llegar a disminuir el rendimiento entre el 14 y el 80 %. En cuanto al Fósforo (P), componente también presente en el suelo, su deficiencia, merma sustancialmente el crecimiento y floración de las plantas de maíz, disminuyendo, por lo tanto, el rendimiento en granos.

El rendimiento de maíz en ambientes tropicales se encuentra limitado por destinos reproductivos [15]

Los genotipos tropicales de maíz presentan una limitada capacidad para fijar un alto número de granos por m², en contraste con los templados. Esta diferencia se explica parcialmente por la adaptación de estos últimos a altas densidades poblacionales, una mayor eficiencia en la fijación de granos por unidad de tasa de crecimiento de planta y una mayor partición de la materia seca hacia grano.

El maíz como fuente de almidón es la principal materia prima utilizada en Estados Unidos, China y Canadá para obtener el 95 %, 90 % y 85 % de su producción total anual de bioetanol, respectivamente [16].

En Argentina, como fuente de almidón en la producción de bioetanol, representa alrededor del 25 al 30 % del total de la producción [17].

Los recursos naturales sólo ofrecen oportunidades, el bienestar viene como consecuencia del trabajo y el aporte tecnológico para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales [18].

2. DESARROLLO

Para su estudio se seleccionaron localidades representativas de la provincia de Chaco donde se encuentra concentrada la mayor productividad del cultivo de maíz, región con mayor disposición de tierras destinadas al cultivo. En cada una de las localidades, se seleccionaron parcelas para la ejecución de los ensayos, bloques de siembra con la siguiente serie de germoplasmas: Templado, Templado por Tropical y Tropical, efectuando el correspondiente seguimiento y control y, por último, se extrajeron de manera directa, mediante recolección del sistema de descarga, las muestras de granos de maíz de las variedades de híbridos implantadas, posteriormente acondicionadas, almacenadas y conservadas en un ambiente seco hasta su procesamiento.

Tabla 1 – Materiales Empleados

Tropical	Templado x Tropical	Templado
DKB390VT3P	DK7910VT3P	DK7210VT3P
NK138VIP3	LT795VT3P	DK7310VT3P
P30F35HXRR2	2A120PW	M510PW

Fuente: Elaboración Propia

Luego se efectuó el análisis y determinación del rendimiento del maíz en quintales por hectárea (qq/ha) de cada una de las variedades utilizadas en el ensayo.

Además, se llevó a cabo la recolección de datos de las condiciones atmosféricas tales como temperatura promedio, precipitaciones y radiaciones que ocurrieron durante el período de desarrollo del cultivo. Dicha información fue recolectada de datos empíricos de estaciones meteorológicas y de los lotes experimentales.

Se efectuó, además, la recopilación de datos de las condiciones edafológicas, donde se incluye el pH, cantidad de materia orgánica presente, cantidad de Nitrógeno (N) y de Fósforo (P).

2.1 ANÁLISIS DEL AMBIENTE

En correlación con las actividades antes mencionadas, se recogió información en instituciones afines a la actividad, con fin de obtener los datos necesarios para efectuar el estudio. La búsqueda se centró en la siguiente información:

2.2 CARACTERIZACIÓN EDAFOLÓGICA

Se realizó un relevamiento de composición de los suelos. Estos datos fueron proporcionados por la Estación Experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de la ciudad de Presidencia Roque Sáenz Peña. Entre sus herramientas particulares se puede contar con cartografías específicas, mapeos localizados y una taxonomía particular para cada tipo de suelo.

Tabla 2 – Factores Edafológicos

Localidad	Productor	Factores Edafológicos			
		Mat. Orgánica [%]	Nitrógeno [ppm]	Fosforo [ppm]	pH
Los Frentones	AM	0,40	0,069	77,00	7,30
Campo Largo	LC	0,42	0,068	13,10	7,00
Río Muerto	LV	0,56	0,08	63,50	6,70
Pampa del Infierno	LG	1,27	0,15	67,10	7,50
Pampa del Infierno	MG	0,40	0,069	77,00	7,30
Las Breñas	MB	1,00	0,115	58,55	6,45
Tres Isletas	Ma	0,56	0,08	63,50	6,70
Tres Isletas	DS	0,58	0,09	65,50	6,70
P. R. Sáenz Peña	NM	1,50	0,115	55,80	7,60
Hermoso Campo	C M	0,83	0,078	49,00	7,30
Charata	Sa	0,77	0,101	74,20	6,50
General Capdevila	Sch	1,073	0,091	64,34	7,04
General Capdevila	HyH	1,29	0,133	59,90	7,60
General Capdevila	VL	1,115	0,125	46,40	6,90

Fuente: Elaboración Propia

2.3 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

Se efectuó la recolección de datos correspondientes a las condiciones atmosféricas tales como temperatura promedio, precipitaciones y radiaciones durante el período de desarrollo del cultivo.

La radiación solar se consigna como Heliofanía Efectiva (HE) que es el período del tiempo expresado en horas, durante el cual el lugar de observación ha recibido radiación solar directa (es decir que no ha sido tapado por obstáculos) y ha sido además registrada por el instrumento de medición.

Las mismas fueron tomadas de datos de estaciones meteorológicas locales y proporcionadas por los productores de las distintas localidades con una variación entre 6,8 y 7,3 (horas de sol).

Toda la información recolectada, catalogada y examinada, fue sometida al análisis en la siguiente etapa a un estudio de variables múltiples.

Tabla 3 – Factores Climáticos

Localidades	Temperatura Promedio (°C)	Precipitaciones (mm)	Heliofanía Efectiva (hs)
Los Frentones (AM)	22,64	308	7,367
Campo Largo (LC)	24,40	353	7,367
Río Muerto (LV)	22,64	707	7,367
Pampa del Infierno (MG)	23,48	360	6,873
Pampa del Infierno (LG)	23,48	360	6,873
Las Breñas (MB)	24,40	413	7,367
Tres Isletas (Ma)	24,02	642	6,873
Tres Isletas (DS)	24,02	820	6,873
P. R. Sáenz Peña	24,03	433	6,873
Hermoso Campo (C M)	23,67	441	7,367
Charata (SS)	24,40	336	7,367
Gral. Capdevila (Sch)	24,35	384	7,367
Gral. Capdevila (H y H)	24,35	447	7,367
Gral. Capdevila (VL)	24,35	420	7,367

Fuente: Elaboración Propia

3. RESULTADOS

3.1 RENDIMIENTO

Tabla 4: Rendimiento en función a localidades y germoplasmas

Localidades	Rendimiento Promedio (qq/ha)			Promedio
	Tropical	Templado x Tropical	Templado	
Los Frentones (AM)	73,07	72,51	75,76	73,78
Campo Largo (LC)	60,44	57,43	68,16	62,01
Río Muerto (LV)	81,23	84,76	91,28	85,76
Pampa del Infierno (LG)	72,23	86,99	94,35	84,52
Pampa del Infierno (MG)	66,17	61,73	75,03	67,64
Las Breñas (MB)	68,78	75,55	85,3	76,54
Tres Isletas (Ma)	36,81	56,37	46,84	46,67
Tres Isletas (DS)	68,5	62,72	61,92	64,38
P. R. Sáenz Peña	50,49	50,1	57,73	52,77
Hermoso Campo (C M)	69,5	76,17	98,94	81,54
Charata (SS)	84,69	89,42	84,85	86,32
Gral. Capdevila (Sch)	90,09	87,78	107,05	94,97
Gral. Capdevila (HyH)	86,37	94,77	103,64	94,93
Gral. Capdevila (VL)	81,51	85,01	100	88,84
Promedio	70,71	74,38	82,20	75,76

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos en rendimiento de grano de maíz, para los híbridos probados, en cada bloque de ensayo, exhibieron diferencias significativas en función de las condiciones ambientales y edafológicas. Se puede distinguir, como

característica relevante, al híbrido de maíz del Tipo Templado por presentar el rendimiento promedio mal alto de 82,20 qq/ha, logrando superar en comparación al templado x tropical (74,38 qq/ha) y al tropical (70,71 qq/ha), demostrando su mejor desempeño en el área de estudio considerada.

Las localidades de Río Muerto (LV) y Pampa del Infierno (LG) muestran rendimientos consistentes y altos en las tres categorías, lo que indica un potencial productivo significativo, asimismo, Charata (SS) y Gral. Capdevila (Sch), (HyH) y (VL) también presentan rendimientos superiores, especialmente en la categoría templada.

Localidades como Gral. Capdevila (Sch), (HyH) y (VL), Río Muerto (LV) y Charata (SS) son ejemplos a seguir, mostrando cómo ciertas prácticas y condiciones pueden resultar en altos niveles de producción.

Las localidades con bajo rendimiento, como Tres Isletas (Ma), requieren atención especial para identificar y abordar las limitaciones que afectan su producción.

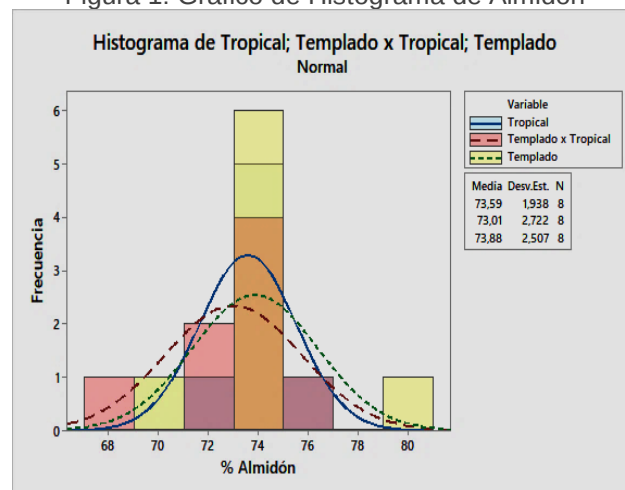
Teniendo en cuenta que el promedio total general de rendimiento se sitúa en 75,76 qq/ha, revela un rendimiento aceptable en general, pero con margen para mejorar en ciertas localidades, especialmente en las que están por debajo del promedio.

3.2 ALMIDÓN

Se realizó un histograma para analizar la frecuencia del porcentaje de almidón.

Se puede observar que entre 73 y 75 % es el mayor grado de repetitividad y que el valor promedio tomado para realizar el análisis se encuentra dentro de estos límites.

Figura 1: Gráfico de Histograma de Almidón



Fuente: Elaboración Propia

La estimación en la producción de etanol a partir de glucosa, de forma simplificada, se puede determinar mediante la utilización de la siguiente expresión:



Tomando como base dicha expresión, el valor del rendimiento teórico esperado en etanol, está en el orden de 0,511 g y 0,489 g de CO₂ por cada gramo de glucosa consumida. Esta conversión nunca es alcanzada en los procesos prácticos, teniendo presente que no toda la glucosa es convertida a etanol, parte de la misma se utiliza para sintetizar otros metabolitos.

Lo que implica una conversión en etanol de 0,411 l/kg de maíz procesado, proyectando una producción de 3.293,50 l / ha, tomando como referencia el rendimiento promedio de 76 qq/ha.

Bajo condiciones ideales se alcanza un valor de conversión del grano de maíz en bioetanol en un 90 – 95 % del rendimiento teórico [19], [20], en la industria oscila entre un 87 y 93% del valor teórico [21].

4. CONCLUSIONES

El análisis de los híbridos de maíz genéticamente modificados con fines energéticos, específicamente aquellos con un mayor contenido de almidón, ha revelado resultados positivos en términos de rendimiento. Estos híbridos han demostrado un alto potencial productivo en la provincia, lo que sugiere que pueden ser una alternativa viable para los agricultores locales.

Además, el estudio ha identificado correlaciones significativas entre el contenido de almidón, el rendimiento en granos y las precipitaciones registradas en las distintas localidades de los ensayos. Esta relación indica que las condiciones climáticas juegan un papel crucial en la producción, lo que debe considerarse al planificar el cultivo de estos híbridos.

Dado el buen potencial productivo de los materiales analizados, se concluye que su adopción podría ser un estímulo importante para los productores de la Provincia del Chaco.

La implementación de estos híbridos no solo podría mejorar la rentabilidad de los cultivos, sino que también contribuiría a la agregación de valor en la cadena productiva.

Finalmente, este enfoque tiene implicaciones positivas para la economía regional, ya que podría aumentar la competitividad del sector agrícola. Asimismo, se alinea con objetivos de sustentabilidad, al promover prácticas que optimicen el uso de recursos y reduzcan el impacto ambiental del sistema productivo. En resumen, la incorporación de estos híbridos de maíz representa una oportunidad significativa para fortalecer la producción agrícola en la región, promoviendo tanto el desarrollo económico como la sostenibilidad.

REFERENCIAS

- [1] FAO (2016) Ahorrar para crecer. ISBN 978-92-5-308519-4.
- [2] Mac Robert, J.F., P.S. Setimela, J. Gethi y M. Worku. (2014). Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F.: CIMMYT.1-26 <http://hdl.handle.net/10883/16849>
- [3], [6] Guillermo H. Eyhéabide. Bases Para El Manejo del Cultivo de Maíz. (2015). Mejoramiento Genético de Maíz. 57-78.
- [4] Tollenaar M, Lee E. A. (2002). Potencial de Rendimiento, Estabilidad del Rendimiento y Tolerancia al Estrés en Maíz. Field Crop Res. Mayo. Investigación de Cultivos de Campo (161-169)
- [5] Cooper, M., Gho, C., Leafgren, R., Tang, T., Messina, C., (2014). Breeding drought-tolerant maize hybrids for the US corn-belt: discovery to product. J.
- [6] Journal of Experimental Botany, volumen 65, número 21, noviembre de 2014, páginas 6191–6204, <https://doi.org/10.1093/jxb/eru064>
- [7] Inzunza-Ibarra, Marco A.; Villa-Castorena, Ma. Magdalena; Catalán-Valencia, Ernesto A.; López-López, Rutilo y Sifuentes-Ibarra, Ernesto (2018). Rendimiento de grano de maíz en déficit hídrico en el suelo en dos etapas de crecimiento.
- [8] Olguín López, José Luis; Guevara Gutiérrez, Rubén Darío; Carranza Montañó, Juan Arturo; Scopel, Eric; Barreto García, Oscar Arturo; Mancilla Villa, Oscar Raúl y Talavera Villareal, Antonio (2017). Producción y rendimiento de maíz en cuatro tipos de labranza bajo condiciones de temporal
- [9] Giménez, Luis (2012). Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. ISSN 2301-1548
- [10] Totis de Zeljkovich, Lucía Estela (2015). Requerimientos agroclimáticos del cultivo de maíz ISBN: 978-987-679-141-0
- [11] Rincón-Tuexi, Juan Arnoldo; Castro-Nava, Sergio; López-Santillán, José Alberto; Huerta, Alfredo J; Trejo-López, Carlos; Briones-Encinia, Florencio (2006). Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical.
- [12] Maddonni, Gustavo Ángel y Navarrete Sánchez, Robinson Andrey (2016). Altas temperaturas y déficit hídrico en maíz: respuestas fisiológicas y estrategias de manejo del cultivo
- [13] Studdert, Guillermo Alberto; Domínguez, Germán Franco; Eiza, Maximiliano Joaquín; Videla, Cecilia del Carmen; Echeverría, Hernán Eduardo (2008). La fracción particulada de la materia orgánica y su relación con la fertilidad nitrogenada en el sudeste bonaerense.
- [14] Fontanetto, Hugo; Vivas, Hugo y Keller, Oscar (2002). Eficiencia del uso del nitrógeno en maíz con siembra directa. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno.
- [15] Uhart, S.A. y Andrade, F.H. 1991. Source-sink relationship of maize grown in a cool-temperate area. Agronomie, 11:863-875
- [16] P. Bajpai, Advances in bioethanol. Springer, 2013.

- [17] Ciani, Matias (2022). Informe sobre la producción de bioethanol en Argentina. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.
- [18] Bragachini M.; Uatarroz F.; Saavedra A.; Mathier D.; Bragachini M.; Sosa N.; Alladio M.; Accoroni C.; Henning H. (2017). Evolución del sistema productivo agropecuario argentino. Producción agropecuaria con valor agregado en origen. INTA EEA Manfredi. INTA Ediciones, p. 07-p. 33.
- [19] C. M. Drapcho; N. P. Nhuan; T. H. Walker, Biofuel's engineering process technology, Mc Graw Hill, USA, 2008
- [20] M. Balat; H. Balat; C. Öz, Progress in bioethanol processing, Prog. Ener. Combust. 34, 551–573, 200
- [21] Boudarel M.J. (1984). Contribution á l'étude de la Fermentation Alcoolique á partir de jus de Betteraves avec. *Saccharomyces cerevisiae*. Thèse de Doctorat. Université de Dijon, Francia.

Agência Brasileira ISBN
ISBN: 978-65-6016-053-8