

**INSTITUTO FEDERAL**  
Sul de Minas Gerais

ISSN 1984-428X  
eISSN 2316-1817

**Indexada em**

AGRIS - Information System for the Agricultural Sciences and Technology  
SUMÁRIOS.ORG  
LATINDEX  
REDIB  
DOAJ  
GOOGLE ACADÊMICO

Afiliada à Associação Brasileira de Editores Científicos (ABEC)

---

*Revista*

---

**AGROGEOAMBIENTAL**

---

Publicação Trimestral Científica e Tecnológica - IFSULDEMINAS

v.10 – n.3 – Setembro / 2018

Pouso Alegre – Minas Gerais – Brasil



**Ministério da Educação**  
**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais**

Presidente da República  
**Michel Temer**

Ministro da Educação  
**José de Mendonça Bezerra Filho**

Secretária de Educação Profissional e Tecnológica  
**Eline Neves Braga Nascimento**

Reitor do IFSULDEMINAS  
**Marcelo Bregagnoli**

Pró-Reitor de Administração e Planejamento  
**Honório José de Moraes Neto**

Pró-Reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação  
**Sindynara Ferreira**

Pró-Reitor de Ensino  
**Giovane José da Silva**

Pró-Reitor de Desenvolvimento Institucional  
**Flávio Henrique Calheiros Casimiro**

Pró-Reitor de Extensão  
**Cléber Ávila Barbosa**

### **Ficha Catalográfica**

R454 Revista Agrogeoambiental / Instituto Federal do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS). Vol. 10, n.3 (set. 2018) -. - Pouso Alegre (MG) : IFSULDEMINAS, 2018 - .  
  
Trimestral.  
Endereço eletrônico < <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/>>  
  
e-ISSN 2316-1817 versão eletrônica.  
  
1. Meio ambiente. 2. Agrárias. 3. Agronomia. 4. Engenharia agrícola. 5. Geomática. 6. Geologia. 7. Silvicultura. 8. Zootecnia. 9. Ecologia. I. Instituto Federal do Sul de Minas.

# Revista

---

# AGROGEOAMBIENTAL

---

e-ISSN 2316-1817 – Indexação: AGRIS – DOAJ - Sumários.org - REDIB – Latindex – Google Acadêmico

## Expediente

### Editor-chefe

Miguel Angel Isaac Toledo del Pino

### Assistentes editoriais

Kélica Andréa Campos de Souza  
Alan Silva Fialho

### Comissão editorial

Cristiane Fortes Gris  
Jane Piton Serra Sanches  
Wellington Marota Barbosa

### Bibliotecária

Rosimeire Ribeiro

### Estagiários

Giovanna Bruno de Oliveira  
Rayana Motta Osório Esper

### Arte da capa

Pamela Hélia de Oliveira

### Revisão

Monalisa Aparecida Pereira

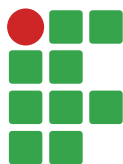
### Diagramação

M&W Comunicação Integrada

## Comissão editorial

Abdon Santos Nogueira	IFBaiano	Bruno Corrêa Barbosa	UFJF
Ademir Fontana	EMBRAPA	Caio de Teves Inácio	EMBRAPA
Aderlan Gomes da Silva	IFMG	Carlos Andres Leguizamón Rojas	UNA - Paraguai
Alan Silva Fialho	IFSULDEMINAS	Carlos Cezar da Silva	IFSULDEMINAS
Alessandro Salles Carvalho	UFJF	Carlos Edwar de Carvalho Freitas	UFAM
Ana Cristina Ferreira Moreira da Silva	IFSULDEMINAS	Carolina Mariane Moreira	IFSULDEMINAS
Ana Paula Dias Turetta	EMBRAPA	Claudino Ortigara	IFSULDEMINAS
Anderson Ricardo Trevizam	UFLA	Cleber Kouri de Souza	IFSULDEMINAS
André Delly Veiga	IFSULDEMINAS	Cleber Lázaro Rodas	UFLA
André Luis da Silva Castro	IFG	Cleiton Lourenço de Oliveira	IFSULDEMINAS
Antônio Sérgio da Costa	IFSULDEMINAS	Cristiane Fortes Gris Baldan	IFSULDEMINAS
Arcângelo Loss	UFSC	Daniel Fernandes da Silva	UFLA
Ariana Vieira Silva	IFSULDEMINAS	Danielle Martins Duarte Costa	IFSULDEMINAS / UNIFEI
Arinaldo Sá Júnior	IFSULDEMINAS	Diego César Terra de Andrade	IFSULDEMINAS
Aureliano de Albuquerque Ribeiro	UFC	Diego Maia Zacardi	UFOPA
Aurélio Ferreira Borges	IFRO	Dulcimara Carvalho Nannetti	IFSULDEMINAS
Brígida Monteiro Vilas Boas	IFSULDEMINAS	Éder Clementino dos Santos	IFSULDEMINAS

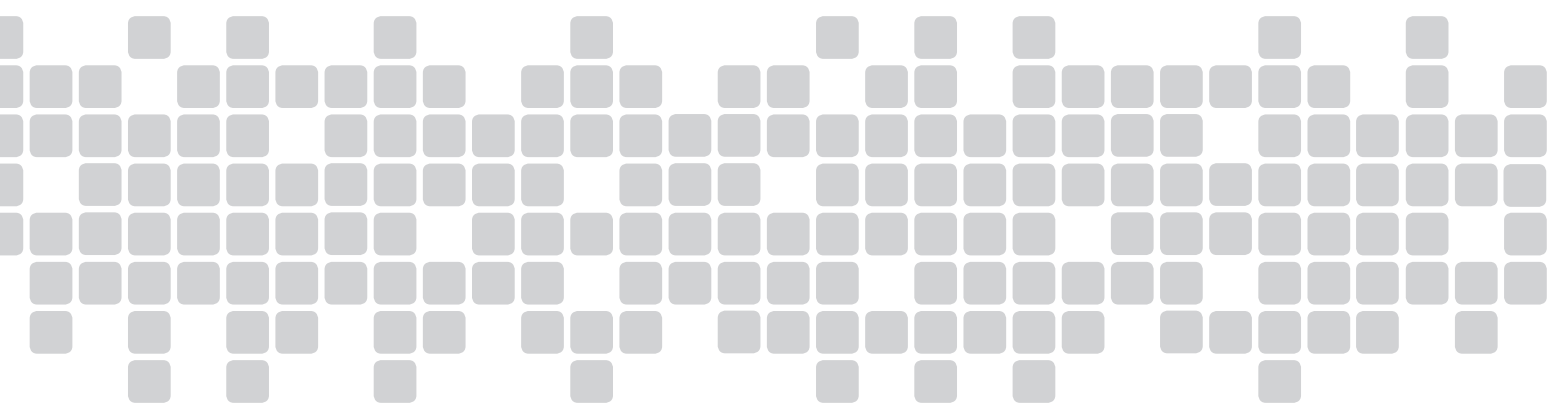
Edu Max da Silva	IFSULDEMINAS	Luiz Eugenio Veneziani Pasin	UNIFEI
Eduardo Ferreira Molina	UNIFRAN	Marcos Caldeira Ribeiro	IFSUDESTE - MG
Eliana Fortes Gris	UnB	Marcos Magalhães de Souza	IFSULDEMINAS
Elisa de Souza Junqueira Rezende	UNICAMP	Marcos Valério Gebra da Silva	FAJ
Eugênio José Gonçalves	IFSULDEMINAS	Miguel Angel Isaac Toledo del Pino	IFSULDEMINAS
Everton Vinicius Zambiazzi	UFLA	Nara Cristina de Lima Silva	IFTM
Fábio Oseias dos Reis Silva	UFLA	Narayana de Deus Nogueira	IFSULDEMINAS
Fabricio Gomes Gonçalves	UFES	Patrícia de Oliveira Alvim Veiga	IFSULDEMINAS
Felipe Santana Machado	UFLA	Paulo Oswaldo Garcia	IFSULDEMINAS
Flávia Monteiro Coelho Ferreira	IFSUDESTE - MG	Pedro Luiz Terra Lima	LANCASTER UNIVERSITY - UK
Franciane Diniz Cogo	UFLA	Rafael Nogueira Scoriza	UFRRJ
Francisco César Gonçalves	IFSUDESTE - MG	Raphael Maia Aveiro Cessa	IFMT
Guilherme Oberlender	IFSULDEMINAS	Raphael Nogueira Rezende	IFSULDEMINAS
Hugo Renan Bolzani	IFSULDEMINAS	Raul Henrique Sartori	IFSULDEMINAS
Igor Souza Pereira	IFTM	Renata Mara de Souza	IFSULDEMINAS
Inêz Pereira da Silva	EPAMIG	Roger Nabeyama Michels	UTFPR
Isabel Ribeiro do Valle Teixeira	IFSULDEMINAS	Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto	EMBRAPA
Jader Ribeiro Pinto	IFSul	Rosângela F. de Paula Vitor Marques	UFLA
Jamil de Moraes Pereira	IFSULDEMINAS	Rosival Barros de Andrade Lima	UFRPE
Jane Piton Serra Sanches	IFSULDEMINAS	Saul Jorge Pinto de Carvalho	IFSULDEMINAS
João Célio de Araújo	IFC	Silvio Henrique Delleposte Andolfato	UTFPR
João Mateus de Amorim	IFTM	Sindynara Ferreira	IFSULDEMINAS
João Olympio de Araújo Neto	IFSULDEMINAS	Tatiana de Oliveira Ramos	UNESP
José Antonio Dias Garcia	IFSULDEMINAS	Vanessa Leite Rezende	UFMG
José Luiz de Andrade Rezende Pereira	IFSULDEMINAS	Tatiane Tagliatti Maciel	UFJF
José Mauro Costa Monteiro	IFSULDEMINAS	Vanessa Martins	UFPI
Juan Jose Bonnin	UNA - Paraguai	Verônica Soares de Paula Morais	IFSULDEMINAS
Käthery Brennecke	UNICASTELO / USP	Walbert Júnior Reis dos Santos	IFSULDEMINAS
Kátia Regina de Carvalho Balieiro	IFSULDEMINAS	Walnir Gomes Ferreira Júnior	IFSULDEMINAS
Leandro Campos Pinto	UFLA	Wellington Marota Barbosa	IFSULDEMINAS
Leonardo Rubim Reis	IFSULDEMINAS		
Lilian Vilela Andrade Pinto	IFSULDEMINAS		
Luciana Faria	IFSULDEMINAS		



# Sumário

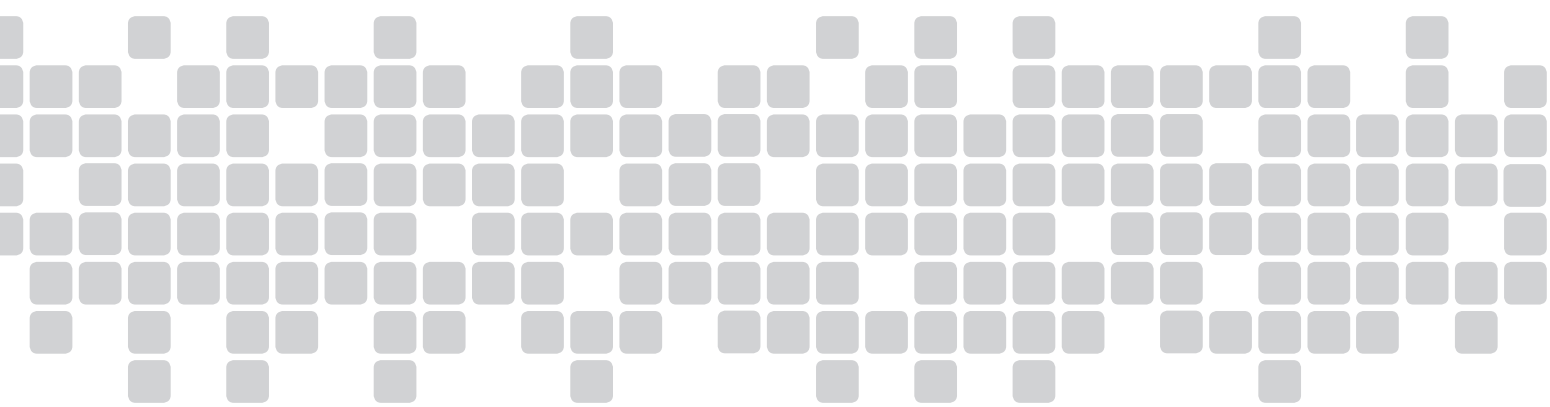
## Artigos Científicos

Potencial de utilização de resíduos da indústria papelreira como substratos para cultivo de <i>Ganoderma lucidum</i> (Reishi) .....	9
Débora Anzolin Valginhak, Herta Stutz Dalla Santa	
Análise de tendência de mudanças climáticas para a região sul do estado de Minas Gerais no período de 1976 a 2006 .....	25
Brenda Carolina dos Santos Lemos, Leonara Padilha da Silva, Wezer Lismar Miranda, Leandro Garcia de Abreu	
Substrato vegetal utilizado para nidificação de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) em Floresta Decidual .....	35
Gabriela dos Santos Francisco, Marcos Magalhães de Souza, Mateus Clemente, Ângela Gomes Brunismann	
Qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes usos .....	47
Leandro Campos Pinto, Wantuir Filipe Teixeira Chagas, Francisco Hécio Canuto Amaral	
Aproveitamento agroindustrial de resíduos de mamão 'formosa' minimamente processados .....	59
Paula Cristina Carvalho Lima, Bianca Sarzi Souza, Amanda Tristão Santini, Daniela Costa de Oliveira	
Análise da Condutividade Hidráulica Saturada em uma Floresta de Cedro, Madrid, Espanha .....	75
Rubens Junqueira, Carlos Rogério de Mello, Alisson Souza de Oliveira, Geovane Junqueira Alves, Uilson Ricardo Venâncio Aires	
Modelos não lineares ajustados à produção acumulada de biogás provenientes de camas sobrepostas de suínos .....	91
Sílvio de Castro Silveira, Joel Augusto Muniz, Francine Aparecida Sousa, Alessandro Torres Campos	
Caracterização hidrológica de nascentes de sub-bacias hidrográficas na região do Alto Rio Grande, MG .....	105
Lucas Alves da Silva, Antônio Marciano da Silva, Gilberto Coelho, Leandro Campos Pinto, Eliete Nazaré Eduardo	
Eficiencia de fungicidas frente a la incidencia de patógenos en semillas de trigo .....	121
Caio Cesar da Ros Zanette, Jimmy Walter Rasche Alvarez, Simeón Aguayo Trinidad, Laura González, Claudia Carolina Cabral Antúnez	
Sources and dosages of Nitrogen applied with urea coated with polymers in Marandu palisadegrass .....	135
Fábio Janoni Carvalho, Renata Bernardes Elias, Adriane de Andrade Silva, Thiago Souza Campos	
<b>Diretrizes para autores .....</b>	<b>145</b>

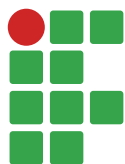


A decorative horizontal band consisting of a grid of small, light gray squares. The squares are arranged in a pattern that is roughly rectangular but has irregular, jagged edges on the top and bottom, giving it a textured, digital appearance. The squares are centered horizontally across the page.

# Artigos científicos







# Potencial de utilização de resíduos da indústria papelreira como substratos para cultivo de *Ganoderma lucidum* (Reishi)

Débora Anzolin Valginhak<sup>1</sup>

Herta Stutz Dalla Santa<sup>2</sup>

## Resumo

No Brasil, o Paraná é um dos estados que mais se destacam no setor de papel e celulose. A IBEMA Companhia Brasileira de Papel é a terceira maior fabricante de papel-cartão do país, responsável pela geração de lucros e empregos, mas também de resíduos, como os resíduos da área do pátio de madeira (VAR), a fibra da fábrica de pasta mecânica (FPM) e a fibra da estação de tratamento de efluentes (ETE). O cultivo de cogumelos em resíduos da indústria há muito tempo é avaliado, visto que esses organismos apresentam propriedades biodegradantes, alimentares e até medicinais. O objetivo deste trabalho foi caracterizar os resíduos da indústria papelreira e avaliar a aplicação destes e de suas misturas para a produção de cogumelos *Ganoderma lucidum*. A presença de elementos químicos foi determinada com uso de microscopia eletrônica de varredura acoplada a um detector de espectro de energia dispersiva. Após o preparo dos substratos em sacos plásticos, inoculação com grãos de trigo miceliados e incubação, foram avaliados o crescimento e vigor micelial e o surgimento de primórdios e basidiomas. Nenhum substrato apresentou elementos químicos prejudiciais ao ser humano. O resíduo FPM e o substrato padrão apresentaram crescimento micelial fortemente adensado, bem como a formação de primórdios e basidiomas aos 65 dias e 26 dias após a colonização dos substratos, respectivamente. O resíduo FPM serviu como substrato para o desenvolvimento de *G. lucidum*, de forma que seu uso na produção do cogumelo possibilita agregar valor a este resíduo e reduzir sua disposição no meio ambiente.

**Palavras-chave:** Microbiologia ambiental. Papel e celulose. Cogumelo.

## Introdução

O Brasil é um dos países que mais tem apresentado crescimento no setor de papel e celulose, sendo reconhecido como referência mundial devido às suas práticas sustentáveis (BIAZUS; HORA; LEITE, 2011), diferentemente de outros países que ainda fazem uso de florestas naturais, 100% da produção de madeira é oriunda de florestas plantadas de pinus e eucalipto (SANTOS, F.; SANTOS, A.; SANTOS, M., 2013). Esse sucesso se deve principalmente à localização geográfica do país, que permite condições de clima, solo e luminosidade favoráveis, além dos investimentos na biotecnologia florestal (BIAZUS; HORA; LEITE, 2011).

Devido aos investimentos recebidos para modernização e ampliação do setor, o Brasil foi considerado em 2016 o segundo maior produtor de celulose do mundo e o oitavo maior produtor de

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Centro-Oeste. [davalginhak@gmail.com](mailto:davalginhak@gmail.com). Rua Abgail Danguy Borges, 811, Bairro Conradinho, Guarapuava (PR), CEP: 85055-240

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Centro-Oeste, professora adjunta. [hdalsanta@yahoo.com.br](mailto:hdalsanta@yahoo.com.br).

papel, sendo que o setor madeireiro foi responsável por 0,9% de toda a arrecadação de tributos do país (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2017). Nesse cenário, o Paraná é um estado brasileiro que se destaca com uma área plantada de mais de 966 mil hectares, grande parte dessa área sendo ocupada por pinus, madeira de maior interesse no setor de celulose (ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE EMPRESAS DE BASE FLORESTAL, 2018).

A facilidade de se obter fontes de matéria-prima, a existência de recursos hidroelétricos próprios e a localização estratégica foram os motivos para a IBEMA Companhia Brasileira de Papel se instalar no Paraná (IBEMA, 2013). Fundada em 1956, a empresa localizada no município de Turvo é a terceira maior fabricante de papel-cartão do país, com produção anual de 140 mil toneladas de papel-cartão e responsável por 800 empregos (MEIRELLES, 2018).

De acordo com Kosztrzeпа (2004), os processos produtivos industriais podem ser divididos em três fases: consumo de recursos, processamento e geração de produtos e subprodutos, e cada uma dessas fases causará danos ambientais. Nos processos industriais que envolvem madeira, como a produção de papel e celulose, são geradas grandes quantidades e variedades de resíduos com alto percentual de matéria orgânica (BELLOTE et al., 1998).

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (2017), o setor madeireiro busca a gestão rigorosa dos seus resíduos sólidos, com redução da geração, destinação correta e atendimento aos requisitos legais. Porém, para que ocorra o descarte adequado de resíduos são necessárias grandes áreas para a construção de aterros, que geram despesas, provocando perdas econômicas e ambientais (PINTO, 2005).

Entre os resíduos gerados na empresa IBEMA Companhia Brasileira de papel, destacam-se os resíduos da área do pátio de corte da madeira (VAR), fibra da fábrica de pasta mecânica (FPM) e fibra da estação de tratamento de efluentes (ETE) (IBEMA, 2013). O resíduo de varredura é composto basicamente por casca de Pinus, acículas, areia e pedras presentes na área do pátio em que as madeiras são descascadas e cortadas até atingirem comprimentos menores, chamados cavacos. Os cavacos serão utilizados para a produção de uma pasta celulósica, que será empregada na fabricação de papel e durante o processo gerará o resíduo de fibra da fábrica de pasta mecânica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL, 1995). O resíduo da estação de tratamento de efluentes é obtido por meio da finalização de todos os processos de produção de papel, podendo conter resíduos de produtos químicos (IBEMA, 2013).

A crescente geração de resíduos nos diversos setores da indústria motivou a utilização destes resíduos para o cultivo de cogumelos. Esta alternativa de destinação dos resíduos mostrou-se eficiente e economicamente viável devido à facilidade do cultivo, ao baixo capital inicial investido e ao valor final dos cogumelos no mercado (PICCININ, 2000). Essa técnica também tem sido bastante estudada pelo fato de os cogumelos poderem atuar como biorremediadores, transformando os poluentes de diversos tipos de resíduos em produtos finais inócuos ou em constituintes do basidioma (SILVA; COELHO, 2006).

Os cogumelos são amplamente conhecidos pelas suas propriedades alimentares e medicinais, principalmente no Oriente (BERNARDI; MINOTTO; NASCIMENTO, 2008). Entre as espécies de cogumelos mais famosas atualmente, destacam-se o *Ganoderma lucidum*, conhecido há pelo menos 4000 anos pela medicina tradicional chinesa como o “rei” dos cogumelos medicinais (OLIVEIRA; CALADO; ROSADO, 2003; LÓPEZ, 2012). Por ser um fungo da podridão-branca, *G. lucidum* possui alta capacidade de degradação da lignina e por este motivo seu crescimento na natureza ocorre em árvores de madeiras duras, como as coníferas (ROJAS, 2016). Atualmente, em cultivos comerciais, a forma mais utilizada para a produção de *G. lucidum* é em serragem, com adição de farelo de trigo como fonte de nitrogênio, correção do pH a 5,5, 95% de umidade e 28°C para formação de primór-

dios (RAI, 2010). A colheita é realizada normalmente após três a seis meses de cultivo (CLEMENTINO; ROSADO, 2011).

O estudo de técnicas e utilização de diferentes tipos de resíduos no cultivo de cogumelos é muito importante, não apenas pela capacidade biorremediadora desses organismos, mas também devido ao crescente consumo de cogumelos pelos países ocidentais. Além disso, a ampla possibilidade de utilização de resíduos produzidos regionalmente levam à necessidade de expansão dos conhecimentos no que diz respeito a novas técnicas de cultivo de cogumelos, aliado ao intuito de solucionar o problema ambiental ocasionado pela disposição inadequada desses materiais no ambiente. Assim, diante do exposto, este trabalho teve como objetivo caracterizar diferentes resíduos da indústria papelreira, bem como avaliar o potencial de aplicação desses materiais como substratos para a produção de cogumelos *G. lucidum*, possibilitando a agregação de valor a esses resíduos.

## Material e métodos

**Local de realização dos experimentos:** todas as análises e experimentos foram realizados no Laboratório de Bioprocessos de Cogumelos e estufas correlatas do Departamento de Engenharia de Alimentos e no Laboratório Multiusuário de Microscopia Eletrônica do Departamento de Química da Universidade Estadual do Centro-Oeste.

**Microrganismo e substratos utilizados:** a cepa de cogumelo da espécie *G. lucidum* foi cedida pela BRASMICEL (Suzano-SP) e os resíduos utilizados como substratos para o cultivo do cogumelo foram cedidos pela IBEMA Companhia Brasileira de Papel. Como substrato padrão foi utilizada serragem de *Pinus* sp. (SER) adquirida em madeireira da região.

**Produção de sementes:** para a produção de “sementes de cogumelo” foram utilizados grãos de trigo, os quais foram imersos em água durante 12 horas, escorridos e distribuídos em pacotes plásticos vedados com espuma, sendo esterilizados por 30 minutos, a 121 °C. Os pacotes foram inoculados com suspensão de micélio e incubados a 25 °C até completa colonização micelial do substrato (OEI, 2006).

### Análises físico-químicas:

**Determinação de elementos químicos:** os elementos químicos presentes nos resíduos foram determinados qualitativa e semiquantitativamente por meio de microscópio eletrônico de varredura (MEV), acoplado a um detector de espectro de energia dispersiva (EDS). Essa análise foi realizada a partir de uma visão ampla em todos os resíduos e em determinados pontos, quando se verificavam regiões morfológicamente diferentes do habitual.

**Determinação do pH:** em um copo béquer de 250 mL, 10 g de amostra dos resíduos e 100 mL de água anteriormente fervida e resfriada foram adicionados. O conteúdo foi deixado no frasco por 30 minutos, sendo agitado a cada 5 minutos. Posteriormente, o frasco foi deixado em repouso por 10 minutos e, após, o conteúdo foi filtrado para outro béquer, sendo realizada a medição de pH no líquido restante com o auxílio de um pHmêtro digital. A análise foi realizada em triplicata (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Preparo dos substratos, inoculação e incubação: os substratos e suas misturas foram umedecidos por 4 horas em água com adição de 0,9% de ureia, escorridos e suplementados com 10% de farelo de trigo. Em seguida, os substratos foram embalados até ocupar 2/3 do volume útil de pacotes de polipropileno, que foram fechados com algodão e esterilizados por 40 minutos, a 121 °C (BELLETTINI, 2014).

O experimento foi realizado com 11 tratamentos (Tabela 1) em triplicata.

**Tabela 1.** Resíduos da indústria papelreira e misturas de resíduos utilizados como substratos para cultivo de *Ganoderma lucidum*.

Tratamentos	Resíduos (%)			
	SER*	VAR*	FPM*	ETE*
1	100	-	-	-
2	-	100	-	-
3	-	-	100	-
4	-	-	-	100
5	50	50	-	-
6	50	-	50	-
7	50	-	-	50
8	-	50	50	-
9	-	50	-	50
10	-	-	50	50
11	25	25	28	25

\* SER- Serragem; VAR- Resíduo de Varredura da Área do Pátio da Madeira; FPM- Fibra da Fábrica de Pasta Mecânica; ETE- Fibra da Estação de Tratamento de Efluentes.

**Fonte:** Elaboração das autoras (2014)

Os tratamentos foram: (1) 100% SER; (2) 100% VAR; (3) 100% FPM; (4) 100% ETE; (5) 50% SER e 50% VAR; (6) 50% SER e 50% FPM; (7) 50% SER e 50% ETE ; (8) 50% VAR e 50% FPM; (9) 50% VAR e 50% ETE; (10) 50% FPM e 50% ETE; (11) 25% SER, VAR, FPM e ETE.

Os pacotes preparados para cada tratamento foram inoculados com 10% v/v de semente e incubados em temperatura de 25 ( $\pm$ 2) °C em ambiente sem luminosidade.

### Análises de crescimento do fungo

*Velocidade de crescimento:* medições diárias com paquímetro metálico foram realizadas até a completa colonização do substrato ou até a verificação da estagnação do crescimento fúngico.

*Vigor micelial:* foi avaliado pelo critério subjetivo de notas em que: nota 1 = fracamente adensado; nota 2 = mediamente adensado e nota 3 = fortemente adensado (PEDRA; MARINO, 2006).

Surgimento de primórdios e frutificação: o tempo para surgimento dos primórdios foi contabilizado desde a completa colonização micelial até a emissão dos primórdios e formação de basidiomas.

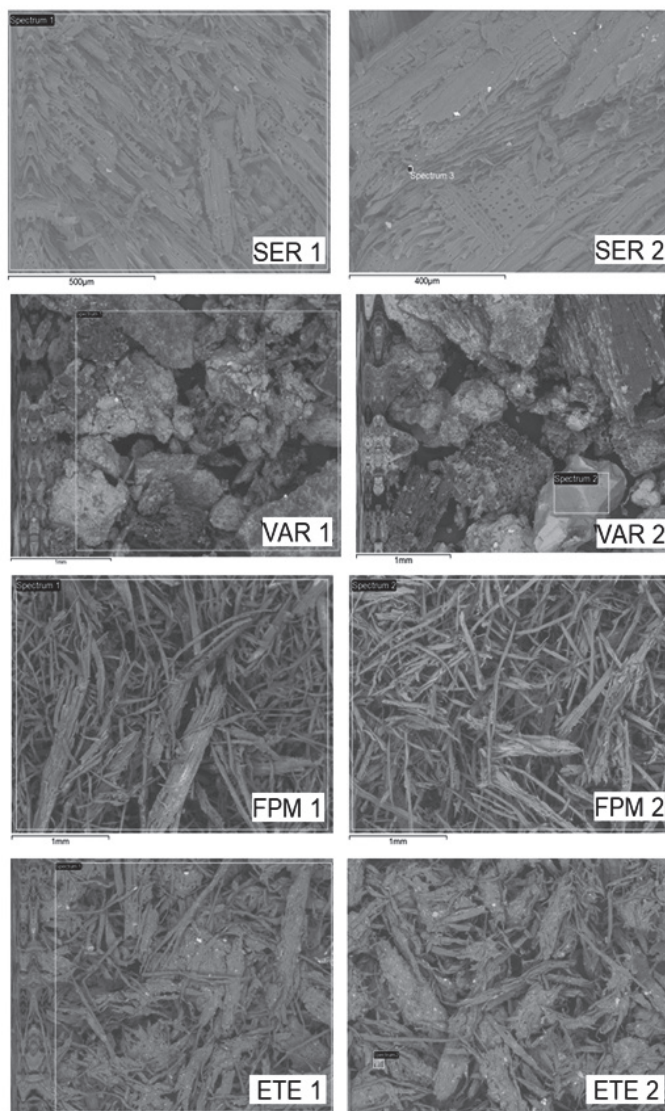
## Resultados e discussão

### Análises físico-químicas

Determinação de elementos químicos

Na Figura 1 estão as imagens dos diferentes resíduos obtidas pelo MEV com visão geral para todos e visão pontual quando se observaram componentes morfologicamente diferentes do obtido na visão geral.

**Figura 1.** Imagens obtidas pelo microscópio eletrônico de varredura (aumento de 400x) da serragem de pinus (SER), resíduo da área do pátio de corte da madeira (VAR), fibra da fábrica de pasta mecânica (FPM) e fibra da estação de tratamento de efluentes (ETE).



\* 1 Visão geral, 2 visão pontual

Fonte: Elaboração das autoras (2014)

Na Tabela 2, encontram-se os resultados da análise de elementos químicos obtidos pelo EDS.

**Tabela 2.** Composição química (em %) dos resíduos da indústria papelreira obtidos pelo EDS.

Elementos	Resíduos (em %)							
	SER		VAR		FPM		ETE	
	1*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
Carbono	54,07	32,58	29,22	25,63	51,50	51,77	48,86	42,71
Oxigênio	44,06	43,28	47,37	52,84	48,50	48,23	48,2	48,02
Silício	-	10,81	5,52	14,17	-	-	0,79	4,28
Alumínio	1,86	8,94	5,45	2,93	-	-	0,64	4,22
Magnésio	-	0,58	-	-	-	-	-	0,21
Ferro	-	1,25	-	4,43	-	-	-	-
Titânio	-	-	11,58	-	-	-	-	-
Potássio	-	2,56	-	-	-	-	-	-
Cálcio	-	-	-	-	-	-	1,16	0,55
Enxofre	-	-	0,87	-	-	-	-	-

\*1 Análise de visão geral, 2 Análise de visão pontual, com aumento de 400 X.

**Fonte:** Elaboração das autoras (2014)

Os componentes encontrados em maior quantidade foram o carbono e o oxigênio, resultado já esperado pelo fato de os resíduos serem provenientes de compostos orgânicos.

O resíduo FPM apresentou apenas esses dois elementos em sua constituição. Esse resíduo é formado basicamente de lignina, macromolécula que apresenta apenas carbono, oxigênio e hidrogênio em sua composição química e é gerado por meio do processo Stone Ground-Wood (SGW), que realiza o desfibramento mecânico das toras de madeira para obtenção da pasta celulósica (CAMPOS, 2010), que será utilizada na fabricação do papel-cartão.

O silício foi o elemento encontrado em terceira maior quantidade nos resíduos VAR, SER e ETE. Esse elemento é encontrado em proporções consideráveis na composição de diversos tipos de rochas, areia e solos (PEIXOTO, 2001), podendo estar associado às madeiras que chegam na indústria. Segundo a Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (1995), a pasta celulósica sofre inúmeras lavagens para retiradas de contaminantes, como areia, sendo que o líquido resultante dessas lavagens é destinado para a estação de tratamento de efluentes.

O alumínio também foi observado nos resíduos de SER, VAR e ETE. Esse elemento foi encontrado em grandes proporções em determinados pontos das amostras de SER quando comparado com a visão ampla, sugerindo que esse mineral tenha sido acumulado como resíduo do maquinário utilizado durante o corte da madeira. Sua presença no resíduo menos processado VAR pode representar a associação com solos, pois, entre os elementos metálicos, o alumínio é o mais abundante na crosta terrestre (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2014).

O enxofre, magnésio e cálcio são elementos muito importantes na nutrição de plantas, considerados como macronutrientes secundários e presentes em fertilizantes (UNIVERSAL DE FERTILIZANTES S.A., 2012). Por este motivo, a presença desses compostos nos resíduos menos processados pode sugerir sua presença na composição das plantas. O magnésio e o potássio, na forma de sulfato



de magnésio e fosfato de potássio, têm sido empregados na formulação de meio líquido para cultivo submerso de fungos basidiomicetos (FAN, 2002), na concentração de 0,3 g L<sup>-1</sup> e 0,5 g L<sup>-1</sup>, respectivamente. Da mesma forma, estes podem ter favorecido o crescimento micelial de *G. lucidum* nos substratos SER e ETE.

No resíduo sem processamento VAR, foi encontrada uma baixa porcentagem de titânio, nono elemento mais abundante da terra e não tóxico (MAIA, 2001). Também verificou-se a presença de pequena quantidade de ferro nas amostras de SER e VAR, metal que possui uma grande importância no organismo humano, tanto na sua condição atômica quanto associado a outras substâncias (SANTOS; DONADIA; SANTOS, 2010).

Apesar de ser o elemento mais abundante na natureza, a porcentagem do elemento hidrogênio não pode ser determinada por essa metodologia devido ao seu baixo peso molecular (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

### **Determinação do pH**

A determinação do valor de pH indicou o caráter ácido do substrato SER (5,7) e básico do FPM (7,9). Os resíduos de ETE e VAR apresentaram pH de 7,5 e 6,3, respectivamente. Hsieh, Hsu e Yang (2005) analisaram que a faixa de pH para crescimento de *G. lucidum* em vinhaça foi de 4 a 7, apresentando maior crescimento em pH 5.

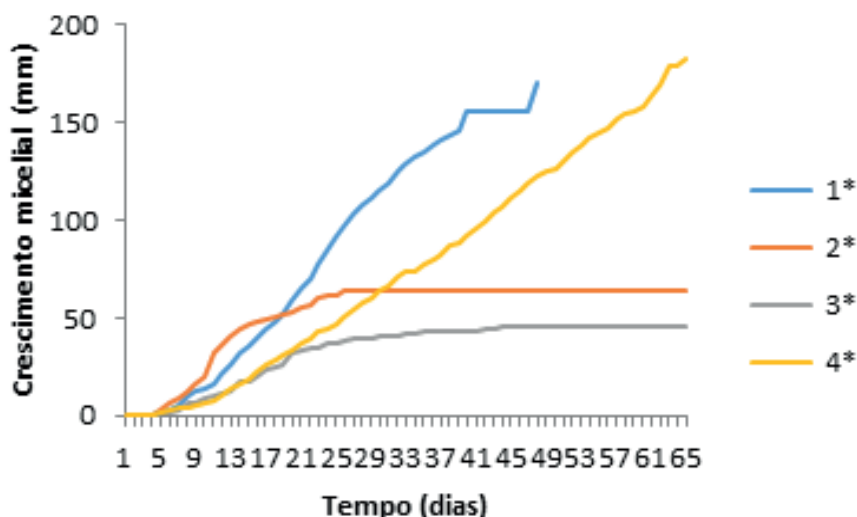
## **Análises de crescimento do fungo**

### **Velocidade de crescimento**

Os dados da velocidade de crescimento micelial foram divididos em duas figuras para melhor entendimento.

Os melhores valores foram observados no tratamento 1 e 4 (Figura 2). Quando apenas SER foi empregada como substrato, a completa colonização micelial do saco plástico foi alcançada após 48 dias de crescimento, correspondendo a 170 mm. Quando apenas ETE foi utilizada, a completa colonização micelial foi observada após 65 dias, apresentando um crescimento de 182 mm.

**Figura 2.** Velocidade do crescimento micelial (mm/dia) de *G. lucidum* nos tratamentos 1, 2, 3 e 4.

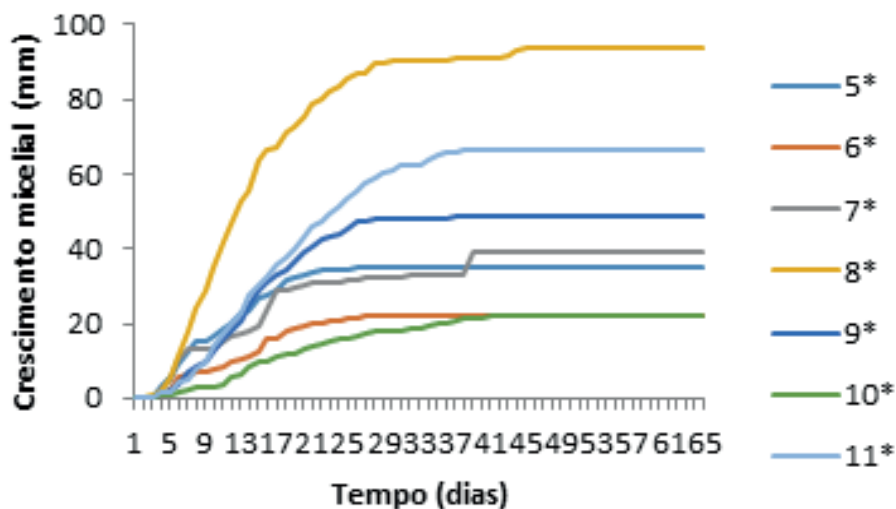


\* Tratamentos: (1) 100% SER; (2) 100% VAR; (3) 100% FPM; (4) 100% ETE.

**Fonte:** Elaboração das autoras (2014)

Houve estagnação do crescimento micelial, como apresentado na Figura 3, para todos os tratamentos contendo a mistura entre os resíduos.

**Figura 3.** Velocidade do crescimento micelial (mm/dia) de *G. lucidum* nos tratamentos 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11.



\* Tratamentos: (5) 50% SER e 50% VAR; (6) 50% SER e 50% FPM; (7) 50% SER e 50% ETE ; (8) 50% VAR e 50% FPM; (9) 50% VAR e 50% ETE; (10) 50% FPM e 50% ETE; (11) 25% SER, VAR, FPM e ETE.

**Fonte:** Elaboração das autoras (2014)

Segundo Gomes-da-Costa, Coimbra e Silva (2008), Sales-Campos e Andrade (2011), o tipo de substrato e de suplementação pode influenciar a velocidade do crescimento micelial. Apesar de a suplementação não ter sido avaliada no presente estudo, bons índices de crescimento de *G. lucidum*

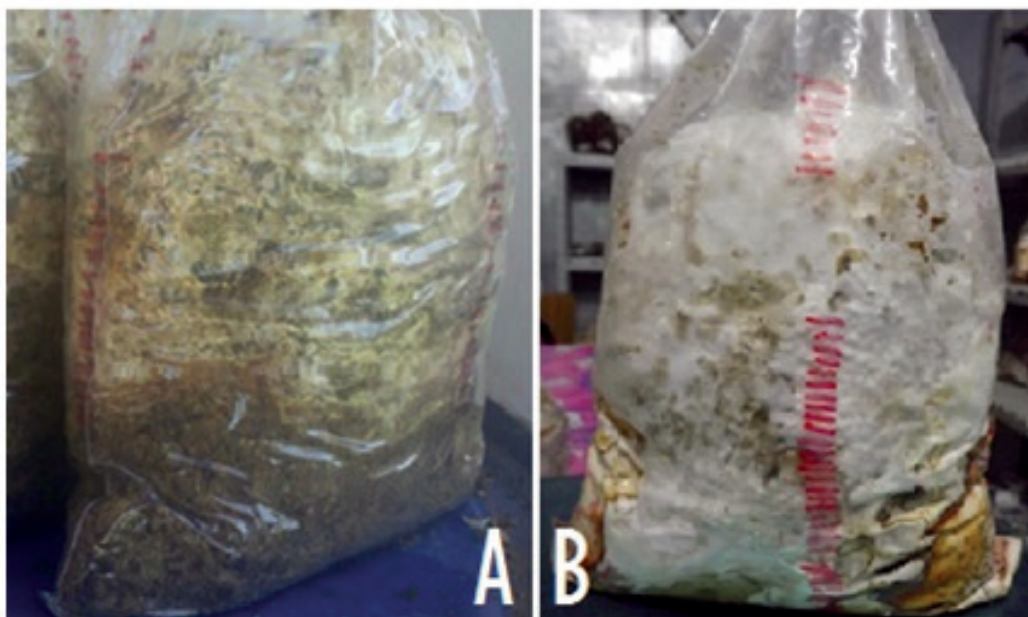


foram observados com a utilização apenas da SER e da ETE (tratamentos 1 e 4). Diversos estudos na literatura demonstraram que a suplementação pode significativamente elevar a taxa de crescimento apresentada por basidiomicetos, incluindo *G. lucidum*. Macedo et al. (2011) verificaram que este fungo obteve melhor crescimento em casca de cupuaçu e serragem, suplementadas com 10% e 20% de farelo de arroz, devido ao aumento na disponibilidade de nutrientes facilmente assimiláveis. Alananbeh, Bougellah e Kaff (2014) verificaram que o crescimento micelial de *Pleurotus ostreatus* foi favorecido quando palhas de trigo suplementaram o substrato de cultivo constituído inicialmente apenas por folhas de palmeira.

Apesar de *G. lucidum* ser um fungo capaz de liberar enzimas capazes de converter substratos lignocelulósicos em moléculas menores, vários são os fatores que estão associados a essa capacidade. Li, Zhou e Li (2007) observaram que o crescimento de linhagens de *Ganoderma* foi mais significativo na presença de sais minerais como sulfato de magnésio, fosfato de potássio e cloreto de cálcio, sugerindo que a falta de nutrientes pode ter provocado resultados baixos de crescimento no resíduo FPM.

Em alguns tratamentos ocorreu estagnação do crescimento micelial e o fungo não colonizou nem metade do substrato, conforme pode ser visualizado na Figura 4, que mostra o tratamento 9 com crescimento estagnado aos 147 dias e no tratamento 4 com crescimento micelial completo após apenas 65 dias.

**Figura 4.** Crescimento micelial de *G. lucidum*: (A) tratamento 9 após 147 dias de incubação; (B) tratamento 4 após 65 dias de incubação.



**Fonte:** Elaboração das autoras (2014)

### Vigor micelial

O vigor micelial de *G. lucidum* só foi considerado fortemente adensado nos tratamentos 1 e 4 (Tabela 3). Esse resultado é relevante, pois o vigor do micélio está diretamente relacionado com a capacidade de crescimento e utilização dos nutrientes do meio de cultivo (MACEDO et al., 2011).

Maziero, Bononi e Capelari (1990) e Ragunathan et al. (1996) afirmaram que o vigor também é um dos parâmetros que podem ser influenciados pela composição do substrato, pelos isolados testados e pela suplementação fornecida. Ao avaliarem o cultivo de *Pleurotus* spp. em serragem de casca de coco, Pedra e Marino (2006) constataram que os tratamentos que apresentaram maior vigor micelial também foram os mais produtivos e os mais precoces na indução de primórdios.

**Tabela 3.** Vigor micelial de *G. lucidum* em resíduos da indústria papelreira

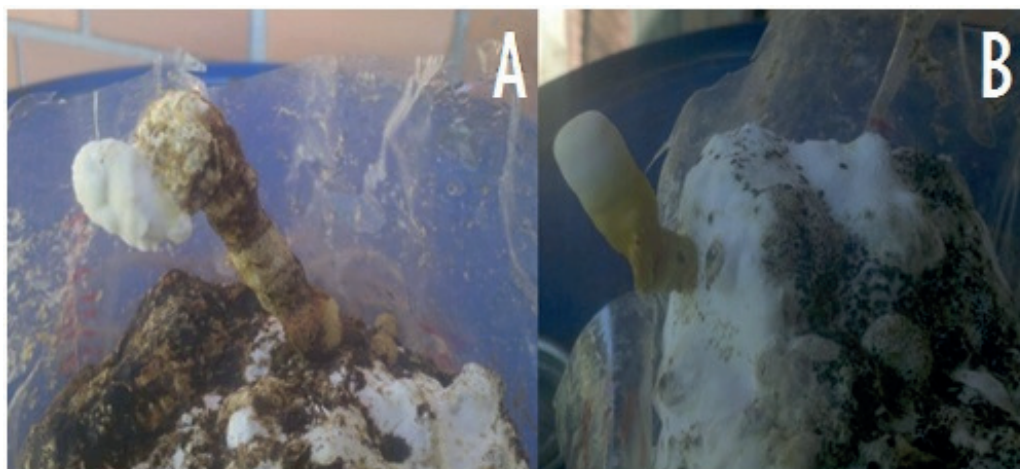
Vigor micelial	Nota	Tratamentos
Fracamente adensado	1	2, 3, 5, 7, 10
Mediamente adensado	2	6, 8, 9, 11
Fortemente adensado	3	1, 4

**Fonte:** Elaboração das autoras (2014)

### Surgimento de primórdios e frutificação

Em relação ao surgimento dos primórdios de *G. lucidum*, verificou-se que apenas os tratamentos 1 e 4 tiveram resultados positivos (Figura 5). No tratamento 1, o processo ocorreu 26 dias após a colonização do substrato com três frutificações, enquanto que no tratamento 4 o surgimento de primórdios ocorreu 65 dias após a colonização, apresentando uma frutificação. Alguns trabalhos relatam um número maior de frutificações, o que pode indicar maior produtividade (COLAUTO; EIRA; MINHONI, 1998).

**Figura 5.** Primórdios e formação de basidiomas de *G. lucidum* em resíduos da indústria papelreira. (A) Tratamento 1; (B) Tratamento 4.



**Fonte:** Elaboração das autoras (2014)

O pH da SER, por ser levemente ácido, é considerado ideal para o crescimento fúngico, fator que deve ter contribuído para o bom desenvolvimento de *G. lucidum* na serragem. Apesar de a ETE não apresentar pH ideal para o desenvolvimento fúngico, um bom crescimento micelial foi verificado com a utilização deste substrato, porém em maior tempo de crescimento quando comparado ao crescimento observado em presença de SER. Neste último caso, apesar de o substrato apresentar um pH mais neutro (7,5), *G. lucidum* apresentou um bom crescimento, sendo este superior ao observado

em presença de VAR, o qual apresentou um valor de pH mais ácido (6,3). Por esta razão, sugere-se que outros fatores como a constituição nutricional desses materiais tenham influenciado as taxas de crescimento de *G. lucidum*.

## Conclusão

O uso de resíduos da indústria papelreira como substratos para o cultivo do cogumelo *G. lucidum* resultou em bom desenvolvimento nos tratamentos 1 e 4, constituídos de 100% SER e 100% ETE, respectivamente. Os tratamentos 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 apresentaram estagnação do crescimento e não foram capazes de induzir a formação de basidiomas, sendo considerados inviáveis para tal utilização.

Mesmo não apresentando todas as características ideais ao crescimento fúngico, a utilização de 100% do resíduo ETE obteve as melhores taxas de crescimento, vigor micelial e formação de primórdios. Esse resultado mostra que vários são os fatores que, unidos, estão relacionados com a capacidade de cultivo de cogumelos de determinados substratos.

Assim, conclui-se que o ETE, entre os resíduos testados, é promissor para ser empregado como substrato para o cultivo de *G. lucidum*. Entretanto, esse resíduo e os basidiomas gerados deverão passar por outras análises para determinar a segurança da utilização deste resíduo no referido processo.

## Potential use of paper industry waste as substrates for cultivation of *Ganoderma lucidum* (Reishi)

### Abstract

In Brazil, Paraná is one of the states that receive the most attention in the pulp and paper sector. IBEMA Companhia Brasileira de Papel is the third largest paperboard manufacturer in the country, responsible for generating profits and jobs; however, it also generates waste, such as the waste of the wooden patio area (VAR), the pulp mill fiber (FPM) and fiber from the effluent treatment plant (ETE). The cultivation of mushrooms in industrial waste has long been evaluated, since these organisms have biodegrading, food and even medicinal properties. The objective of this work was to characterize the residues of the paper industry and to evaluate their application and mixtures for the production of *Ganoderma lucidum* mushrooms. The presence of chemical elements was determined by the use of a scanning electron microscopy coupled to a dispersive energy spectrum detector. After the preparation of the substrates in plastic bags, inoculation with micellar wheat grains and incubation, mycelial growth and vigor, the emergence of primordia and basidiomas were evaluated. No substrate presented chemical elements harmful to the human being. The FPM residue and the standard substrate had strongly mixed mycelial growth, as well as the formation of primordia and basidiomas at 65 days and 26 days after colonization of the substrates, respectively. The FPM residue served as a substrate for the development of *G. lucidum*, so that its use in the production of the mushroom would allow to add value to this residue and reduce its disposition in the environment.

**Keywords:** Environmental microbiology. Pulp and paper. Mushrooms.

## Referências

- ALANANBEH, K. M.; BOUGELLAH, N. A.; KAFF, N. S. Cultivation of oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* on date-palm leaves mixed with other agro-wastes in Saudi Arabia. **Said Journal of Biological Sciences**, Riyadh, v. 21, p. 616-625, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X1400093X>>. Acesso em: 7 set. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **Curso de pasta mecânica**. Monte Alegre: ABTCP, 1995. p. 16-21. Disponível em: <[http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/07\\_Curso%20Pasta%20Mecanica.pdf](http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/07_Curso%20Pasta%20Mecanica.pdf)>. Acesso em: 7 set. 2018.
- ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE EMPRESAS DE BASE FLORESTAL. **Estudo setorial**. Curitiba: APRE, 2018. p. 28-30. Disponível em: <[http://www.apreflorestas.com.br/wp-content/uploads/2018/02/Estudo-Setorial-2018\\_APRE.pdf](http://www.apreflorestas.com.br/wp-content/uploads/2018/02/Estudo-Setorial-2018_APRE.pdf)>. Acesso em: 8 set. 2018.
- BELLETTINI, M. B. **Desenvolvimento de um bioprocesso integrado para valorização de bainha de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth): Produção de cogumelos (*Pleurotus* spp.) e alface (*Lactuca sativa*) cv. Verônica**. 2014. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D.; FERREIRA, C. A.; ANDRADE, G. C. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 37, p. 99-106, 1998. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/282198/residuos-da-industria-de-celulose-em-plantios-florestais>>. Acesso em: 7 set. 2018.
- BERNARDI, E.; MINOTTO, E.; NASCIMENTO, J. S. Aproveitamento do resíduo de curtume como suplemento no cultivo de *Pleurotus ostreatus*. **Arquivos do Instituto de Biologia**, São Paulo, v. 75, n. 2, p. 243-246, 2008. Disponível em: <[http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/v75\\_2/bernardi.pdf](http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/v75_2/bernardi.pdf)>. Acesso em: 7 set. 2018.
- BIAZUS, A.; HORA, A. B.; LEITE, B. G. P. O potencial de investimento nos setores florestal, de celulose e de papel. In: TORRES, E.; PUGA, F.; MEIRELLES, B. **Perspectivas do investimento 2010-2013**. Rio de Janeiro: BNDES, 2011. p. 108-143.
- CAMPOS, E. S. **Curso básico de fabricação de papel com ênfase nas propriedades dos papéis de fibra curta**. Aracruz: ABTCP, 2010. p. 26. Disponível em: <[http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2010\\_Papel\\_Fibra\\_Curta.pdf](http://www.eucalyptus.com.br/artigos/outros/2010_Papel_Fibra_Curta.pdf)>. Acesso em: 7 set. 2018.
- CLEMENTINO, L. S.; ROSADO, F. R. Cultivo submerso de *Ganoderma lucidum* (Curt. ex Fr.) Karst em diferentes meios de cultura. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 4, n. 1, p. 131-144, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/1253/1190>>. Acesso em: 7 set. 2018.
- COLAUTO, N. B.; EIRA A. F.; MINHONI, M. T. A. Fatores físicos que afetam a produtividade do cogumelo comestível *Pleurotus sajor – caju* (Fr.) Singer. **Científica**, v. 26, n. 1-2, p. 25-43, 1998. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/262687398\\_Fatores\\_fisicos\\_que\\_afetam\\_a\\_produtividade\\_do\\_cogumelo\\_comestivel\\_Pleurotus\\_sajor-caju\\_Fr\\_Singer](https://www.researchgate.net/publication/262687398_Fatores_fisicos_que_afetam_a_produtividade_do_cogumelo_comestivel_Pleurotus_sajor-caju_Fr_Singer)>. Acesso em: 7 set. 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Ficha de informação toxicológica:** alumínio. São Paulo: CETESB, 2014. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Aluminio.pdf>. Acesso em: 7 set. 2018.

DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura:** aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores. São Paulo: EDIPUCRS, 2007. p. 22.

FAN, L. **Production of extra-cellular polysaccharide from Agaricus blazei by submerged and solid state culture and its antitumor effect.** 2002. 111f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

GOMES-DA-COSTA, S. M.; COIMBRA, L. B.; SILVA, E. S. Crescimento micelial de dois isolados de *Lentinula edodes* (Berk.). Pegler em resíduos lignocelulóticos. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 192-196, 2008. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/3622>. Acesso em: 7 set. 2018.

HSIEH, C.; HSU, T.; YANG, F. Production of polysaccharides of *Ganoderma lucidum* (CCRC36021) by reusing thin stillage. **Process Biochemistry**, Hamburg, v. 40, n. 2, p. 909-916, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032959204000998>. Acesso em: 7 set. 2018.

IBEMA - COMPANHIA BRASILEIRA DE PAPEL. **Histórico e dados gerais da empresa** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <italo.tadeu2010@hotmail.com> em 28 ago. 2013.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2017.** São Paulo: Ibá, 2017. p. 41-65. Disponível em: [http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2017.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf). Acesso em: 8 set. 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise dos alimentos.** São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 104.

KOSZTRZEPA, R. O. **Evidenciação dos eventos relacionados com o meio ambiente:** um estudo em indústrias químicas. 2004. 156 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Universidade do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2004.

LI, X. L.; ZHOU, A. G.; LI, X. M. A. Inhibition of Lycium barbarum polysaccharides and Ganoderma lucidum polysaccharides against oxidative injury induced by  $\gamma$ -irradiation in rat liver mitochondria. **Carbohydrate Polymers**, Worcester, v. 69, n. 1, p. 172-178, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014486170600467X>. Acesso em: 7 set. 2018.

LÓPEZ, D. R. D. **Obtención de cepas silvestres de Ganoderma lucidum y la caracterización de una para la cuantificación de exopolisacáridos en cultivo de células em suspension.** 2012. 60 f. Tesis (Licenciatura em Biología) – Universidad de Guadalajara, Jalisco, 2012.

MACEDO, A. J. P.; KIRSCH, L. S.; PALHETA, R. A.; PUTZKE, J.; TEIXEIRA, M. F. S. Crescimento micelial de *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst. em resíduos lignocelulósicos disponíveis na Amazônia. **Caderno de Pesquisa, Série Biologia**, Santa Cruz do Sul, v. 23, n. 3, p. 16-25, 2011. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/cadpesquisa/article/view/4384>. Acesso em: 7 set. 2018.



MAIA, A. Titânio. In: TUNES, M. R. **Balanco Mineral Brasileiro**. Brasília: DNPM, 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001-titanio>>. Acesso em: 7 set. 2018.

MAZIERO, R.; BONONI, V. L.; CAPELARI, M. Cultivo e produtividade de *Pleurotus ostreatus* var. Florida em Mogi das Cruzes, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 1-7, 1990.

MEIRELLES, G. Até 2021, indústria de celulose deverá investir R\$ 2,2 bi. **Valor Econômico**, São Paulo, jun. 2018. Disponível em: <<http://www.sinpacel.org.br/informativos/2018/709/ate2021.pdf>>. Acesso em: 8 set. 2018.

OEI, P. **O cultivo de cogumelos em pequena escala: pleuroto, shiitake e orelha-de-pau**. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA, 2006. p. 18-36.

OLIVEIRA, P.; CALADO, M. L.; ROSADO, J. Etnomicologia: uma breve introdução. In: DIAS, A. S. (Ed.). **Etnobotânica, Perspectivas, história e utilizações**. Évora: Universidade de Évora, 2003. n. 4, p. 39-44.

PEDRA, W. N.; MARINO, R. H. Cultivo axênico de *Pleurotus* spp. em serragem da casca de coco (*Cocos nucifera* Linn.) suplementada com farelo de arroz e/ou de trigo. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 73, n. 2, p. 219-225, 2006. Disponível em: <[http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/V73\\_2/pedra.PDF](http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/V73_2/pedra.PDF)>. Acesso em: 7 set. 2018.

PEIXOTO, E. M. A. Silício. **Química nova na escola**, São Paulo, nov. 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc14/v14a12.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2014.

PICCININ, E. **Cultura do cogumelo Shiitake (*Lentinula edodes*) em toras de eucalipto: teoria e prática**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p. 31-35.

PINTO, T. P. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP**. São Paulo: Obra Limpa: I&T: Sinduscon-SP, 2005. p. 14-21.

RAGUNATHAN, R.; GURUSAMY, R.; ALANISWAMY, M.; SWAMINATHAN, K. Cultivation of *Pleurotus* spp. on various agro-residues. **Food Chemistry**, Reading, v. 55, n. 1, p. 139-144, 1996. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0308814695000798>>. Acesso em: 7 set. 2018.

RAI, R. D. **Cultivation of Reishi Mushroom (*Ganoderma lucidum*)**. Solan: NRCM, 2010. Disponível em: <[http://nrcmushroom.org/Folder\\_Ganoderma.pdf](http://nrcmushroom.org/Folder_Ganoderma.pdf)>. Acesso em: 7 set. 2018.

ROJAS, A. C. B. **Diversidade do gênero *Ganoderma* Karst. (Ganodermataceae) e atividade enzimática de espécies que ocorrem em leguminosas no Brasil e na Colômbia**. 2016. 145 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2016. p. 11-18.

SALES-CAMPOS, C.; ANDRADE, M. C. N. Aproveitamento de resíduos madeireiros para o cultivo do cogumelo comestível *Lentinus strigosus* de ocorrência na Amazônia. **Acta Amazonica**, Petrópolis, v. 41, n. 1, p. 1-8, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0044-59672011000100001&script=sci\\_abstract&tIng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0044-59672011000100001&script=sci_abstract&tIng=pt)>. Acesso em: 7 set. 2018.

SANTOS, A. F. S.; DONADIA, J. T.; SANTOS, L. L. Ferro: Benefícios à saúde. In: MOSTRA ACADÊMICA UNIMEP, 8., 2010, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: UNIMEP, 2010.

SANTOS, F. S.; SANTOS, A. L. A.; SANTOS, M. G. L. Análise ambiental do setor de papel e celulose no Brasil a partir da matriz SWOT. In: SEMANA DO ECONOMISTA, 3., 2013, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: UESC, 2013.

SILVA, R. R.; COELHO, G. D. **Fungos**: principais grupos e aplicações biotecnológicas. São Paulo: IBt, 2006. p. 18-19.

UNIVERSAL DE FERTILIZANTES S. A. **Nutrientes**: do que as plantas precisam?. Canoas: UNIFERTIL, 2012. Disponível em: <<http://unifertil.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Artigo-n%C2%BA-2-Nutrientes-O-que-as-plantas-precisam.-min.pdf>>. Acesso em: 7 set. 2018.

### Histórico editorial:

Submetido em: 04/12/2016

Aceito em: 17/07/2017

Como citar:

#### ABNT

VALGINHAK, D. A.; SANTA, H. S. D. Potencial de utilização de resíduos da indústria papelreira como substratos para cultivo de *Ganoderma lucidum* (Reishi). **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 3, p. 9-23, jul./set. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181146>

#### APA

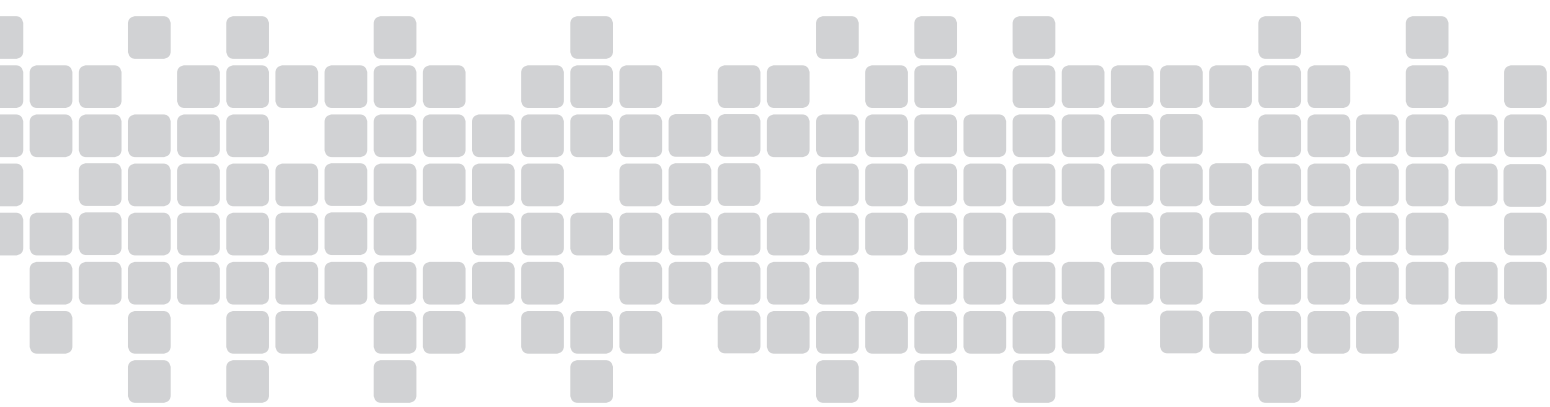
VALGINHAK, D. A. & SANTA, H. S. D. (2018). Potencial de utilização de resíduos da indústria papelreira como substratos para cultivo de *Ganoderma lucidum* (Reishi). *Revista Agrogeoambiental*, 10 (3), 9-23. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181146>

#### ISO

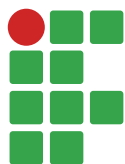
VALGINHAK, D. A. e SANTA, H. S. D. Potencial de utilização de resíduos da indústria papelreira como substratos para cultivo de *Ganoderma lucidum* (Reishi). *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 3, pp. 9-23. Eissn 2316-1817. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181146>

#### VANCOUVER

Valginhak DA, Santa HSD. Potencial de utilização de resíduos da indústria papelreira como substratos para cultivo de *Ganoderma lucidum* (Reishi). *Rev agrogeoambiental*. 2018. jul./set.; 10(3): 9-23. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181146>







# Análise de tendência de mudanças climáticas para a região sul do estado de Minas Gerais no período de 1976 a 2006

Brenda Carolina dos Santos Lemos<sup>1</sup>

Leonara Padilha da Silva<sup>2</sup>

Wezer Lismar Miranda<sup>3</sup>

Leandro Garcia de Abreu<sup>4</sup>

## Resumo

As alterações climáticas relacionadas ao aquecimento global podem afetar ecossistemas, biomas e ambientes variados. O assunto é responsável por amplas discussões no ambiente acadêmico, político e social, com o intuito de desenvolver métodos para reduzir esse processo, o qual é fortemente influenciado pelas ações antrópicas. No entanto, para se constatar tais mudanças é necessária a utilização de critérios científicos, desta forma, objetivou-se com este trabalho analisar a variação da precipitação e das temperaturas mínima, máxima e média do ar nas cidades de Lambari e Lavras, situadas no sul do estado de Minas Gerais. Para tanto, foram coletados dados diários de temperatura mínima, média e máxima do ar ao longo do período de 1976 a 2006, oriundos de Estações Climatológicas Principais instaladas nas cidades citadas. Foram calculadas as temperaturas médias anuais para toda a série por meio da média aritmética dos valores diários para as temperaturas máxima, mínima e média. Para a precipitação pluvial, calculou-se o acumulado anual e, em seguida, foi feita análise de regressão linear para os referidos valores. Os resultados indicaram tendência de aumento da temperatura máxima, média e mínima do ar ao longo do tempo. Quanto à precipitação, não ficou caracterizada uma tendência de acréscimo ou decréscimo em função do baixo valor do coeficiente de determinação.

**Palavras-chave:** Meteorologia. Temperatura. Mudança Climática.

## Introdução

Nos últimos anos, há uma grande preocupação no ambiente acadêmico e na sociedade em geral a respeito das mudanças climáticas, aquecimento global e seus efeitos para a humanidade. Em trabalhos como os de Bruce (1990) e Berlato, Fontana e Bono (1995), além dessa preocupação, evidenciava-se uma discussão relacionada à possibilidade de mudança climática como consequência da emissão de gases de efeito estufa pelas atividades humanas.

De acordo com Blain, Picoli e Lulu (2009), o principal causador da emissão de gases de efeito estufa é a ação antropogênica. O processo de maior impacto nessas emissões é a queima de combustíveis fósseis, que tem elevado a concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico. De fato, o modo de vida da

1 Universidade Vale do Rio Verde, estudante de Engenharia Ambiental. [brendacarol@hotmail.com.br](mailto:brendacarol@hotmail.com.br). Av. Castelo Branco, 82, Chácara das Rosas, Três Corações (MG), CEP: 37410-000.

2 Universidade Vale do Rio Verde, estudante de Engenharia Ambiental. [leonarapadilha@hotmail.com](mailto:leonarapadilha@hotmail.com).

3 Universidade Vale do Rio Verde, professor. [wmlismar@yahoo.com.br](mailto:wmlismar@yahoo.com.br)

4 Universidade Vale do Rio Verde, estudante de Engenharia Ambiental. [legarcia13@gmail.com](mailto:legarcia13@gmail.com).

sociedade atual é bastante dependente da utilização desses combustíveis e da energia elétrica, por exemplo, para o abastecimento dos variados meios de transporte, para uso em indústrias variadas e na alimentação de equipamentos eletrônicos.

Esse aumento da concentração de CO<sub>2</sub> faz com que as mudanças climáticas resultem nas alterações das variáveis meteorológicas, como a precipitação pluvial, temperatura do ar, vento, radiação solar e umidade relativa do ar, ou seja, das variáveis representativas do clima que, ao longo do tempo, geram modificações nos ecossistemas naturais (SANTOS et al., 2010).

Para Silva et al. (2006), investigações sobre a variabilidade e a mudança do clima usam a temperatura média global da superfície para estabelecer o grau e o significado das mudanças do clima durante o último século. No entanto, há que se destacar que em razão de especificidades locais é necessária a averiguação das possíveis tendências de mudanças em microescala.

Para realizar essas averiguações com o devido embasamento técnico-científico é recomendada a utilização de análises estatísticas, comparativamente, entre as variações observadas nos elementos meteorológicos com um período de tempo o mais longo possível. Aplicando método semelhante, Blain et al. (2007), por meio de análise de paralelismo e coincidência de retas geradas por regressão linear simples, indicaram a existência de aumento linear na série de temperatura mínima de Campinas (SP).

Desenvolvendo trabalho semelhante, Altamirano (2010) observou que a região sul do Brasil apresentou uma maior porcentagem de eventos extremos chuvosos em comparação com eventos extremos secos. Ainda, Liebmann et al. (2004), Obregón e Marengo (2007) mostraram tendências significativas de aumento da precipitação total anual na segunda metade do Século XX em praticamente toda a região sul do Brasil.

Por outro lado, muitas tendências de aquecimento observadas nos registros meteorológicos expressam mais os efeitos urbanos locais do que o aquecimento global da atmosfera. O surgimento das chamadas “ilhas de calor” devido à urbanização produz o aquecimento da atmosfera que afeta os registros de temperatura, uma vez que a maioria das estações meteorológicas se encontram próximas aos centros urbanos (BACK, 2001).

Assim, com o presente trabalho, objetivou-se avaliar a variação do comportamento dos elementos meteorológicos utilizando as séries anuais de temperaturas máxima, mínima, média e precipitação em duas localidades no sul do estado de Minas Gerais, detectando possíveis tendências de elevação, com intuito de identificar as referidas mudanças climáticas em nível local.

## Material e métodos

Os dados meteorológicos necessários para o presente estudo foram obtidos das estações climatológicas principais pertencentes à rede de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

As estações estão situadas nas cidades de Lambari e Lavras, localizadas na região sul do estado de Minas Gerais com as coordenadas geográficas especificadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Coordenadas Geográficas das Estações Climatológicas das quais os dados meteorológicos foram obtidos.

Estação	Latitude (S)	Longitude (O)	Altitude (m)
Lambari	21° 53'	44° 39'	1.032
Lavras	21° 14'	45°00'	918

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2016).

Foram utilizados dados diários de precipitação pluvial e temperaturas média, máxima e mínima diárias, correspondentes ao período de 1976 a 2006. Com as informações, procedeu-se à totalização pluviométrica mensal e anual e ao cálculo das médias de temperaturas em escala anual.

Após organizar os dados dessa maneira, plotaram-se gráficos em planilha eletrônica relacionando o período de tempo com os respectivos valores dos elementos meteorológicos analisados.

Para verificação de efetivas tendências de aumento ou decréscimo dos valores observados, utilizou-se para cada variável do ajuste de modelos de regressão linear. Segundo Lima et al. (2012), a regressão linear é um método para se estimar a condicional (valor esperado) de uma variável Y, dados os valores de algumas outras variáveis X.

A regressão, em geral, trata da questão de se estimar um valor condicional esperado. Em muitas situações, uma relação linear pode ser válida para sumarizar a associação entre as variáveis Y e X. Assim, podemos apresentar um modelo de regressão linear simples, conforme Equação 1:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad (1)$$

em que:

Y – variável dependente;

$\beta_0$  e  $\beta_1$  – coeficientes da regressão;

X – variável independente.

Além dessas análises, também foi realizado o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para as cidades mencionadas, obtendo a indicação do comportamento da deficiência e do excesso hídrico no período.

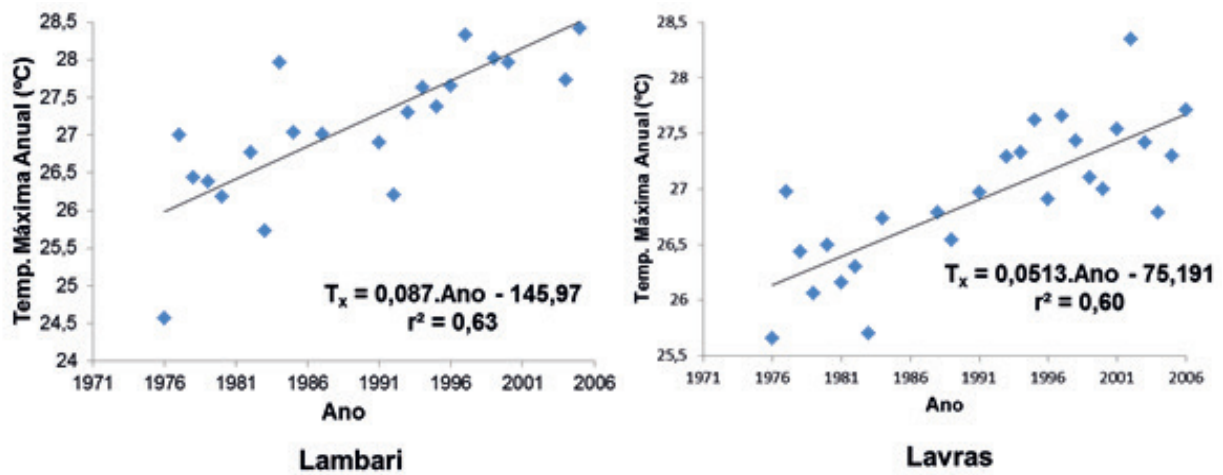
Foram utilizadas as Normais Climatológicas (BRASIL, 1992) como referência para comparação do BHC do período de 1961 a 1990 em comparação ao período analisado.

Segundo a classificação climática proposta por Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico), com inverno seco e chuvas predominantes no verão, com precipitação total média anual acima de 1.000 mm.

## Resultados e discussão

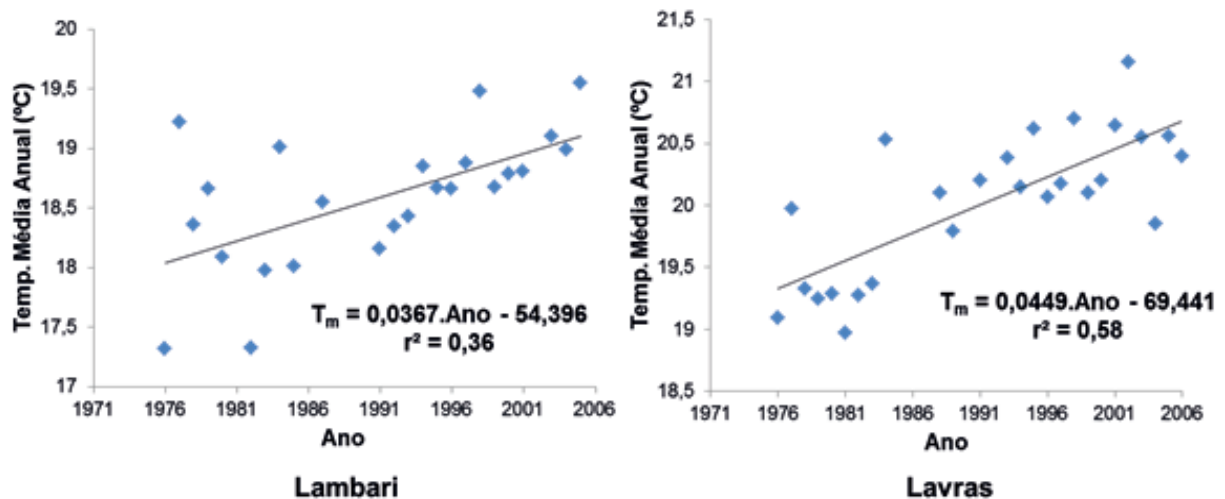
Os resultados são apresentados nas Figuras de 1 a 5. As temperaturas máxima, média e mínima do ar, considerando as médias anuais, apresentaram elevação. Resultado semelhante foi observado por Ricce et al. (2009) em estudo realizado com dados meteorológicos observados no município de Londrina (PR) no período de 1961 a 2008.

Figura 1. Temperaturas máximas anuais para os municípios de Lambari e Lavras (MG)

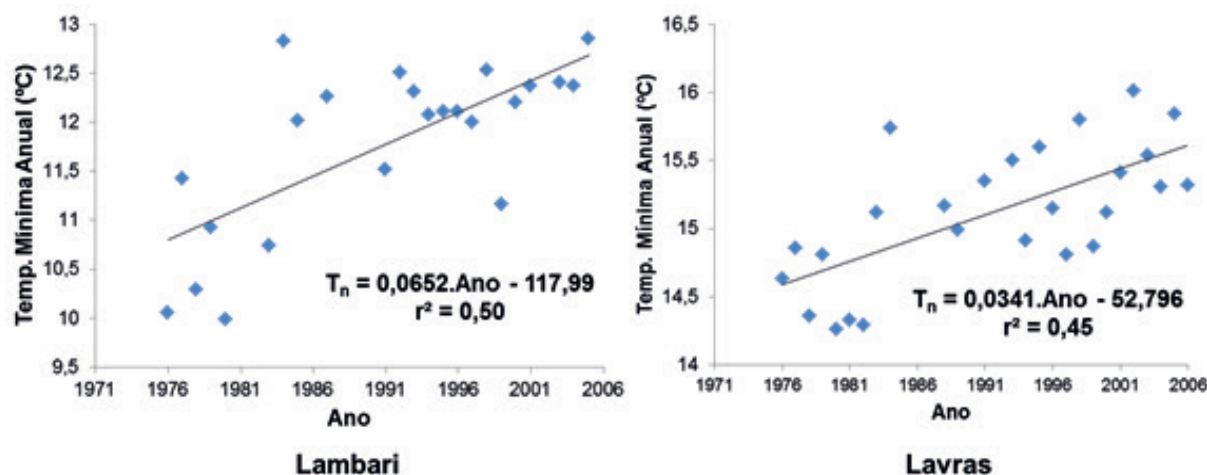


Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 2. Temperaturas médias anuais para os municípios de Lambari e Lavras (MG)



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

**Figura 3.** Temperaturas mínimas anuais para os municípios de Lambari e Lavras (MG)

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Nos 30 anos avaliados no presente trabalho, observou-se um aumento de 2,61 °C e de 1,54 °C na temperatura máxima anual; 1,1 °C e 1,35 °C na temperatura média anual; 1,96 °C e 1,02 °C na temperatura mínima; respectivamente para os municípios de Lambari e Lavras.

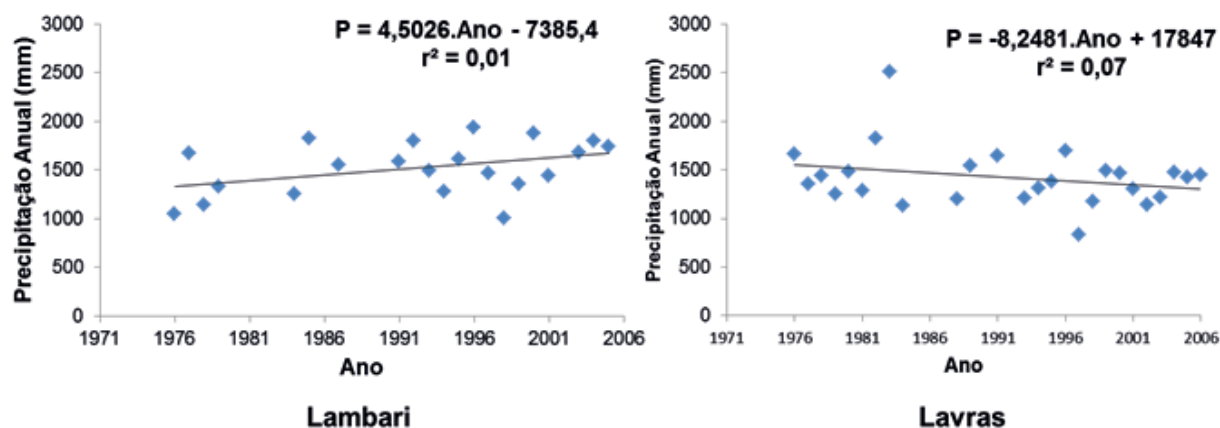
Mello e Alfonsi (1993) e Sentelhas et al. (1994) encontraram valores de aquecimento de até 2 °C em 90 anos na cidade de Campinas (SP), esses valores possivelmente refletem o efeito da urbanização, o que igualmente pode explicar os resultados observados no presente estudo e os relativos baixos valores de  $r^2$  que variaram de 0,36 a 0,63, indicando que outras variáveis, além do tempo, interferem no processo de elevação da temperatura.

Blain, Picoli e Lulu (2009) observaram tendência de elevação da temperatura mínima anual para as cidades de Campinas, Cordeirópolis e Ribeirão Preto (SP) no período de 1951 a 2006 e destacam que fatores de escala local parecem sobrepor-se a possíveis fatores de escala global, como principais forçantes radioativas no aumento médio dos valores dessa variável meteorológica nas regiões avaliadas.

Observa-se, portanto, a necessidade de avaliar e isolar fenômenos locais relativos à urbanização, por exemplo, antes que investigações de ordem global sejam realizadas em séries históricas de postos meteorológicos.

Quanto à precipitação, Figura 4, os baixos valores de  $r^2$  não permitem realizar com segurança a inferência de um padrão de comportamento para a variação dos índices pluviométricos. Observando-se as linhas de tendências para ambos os municípios, nota-se que para Lambari a tendência seria de aumento e para Lavras, de redução.

Figura 4. Precipitação acumulada anualmente para os municípios de Lambari e Lavras (MG)

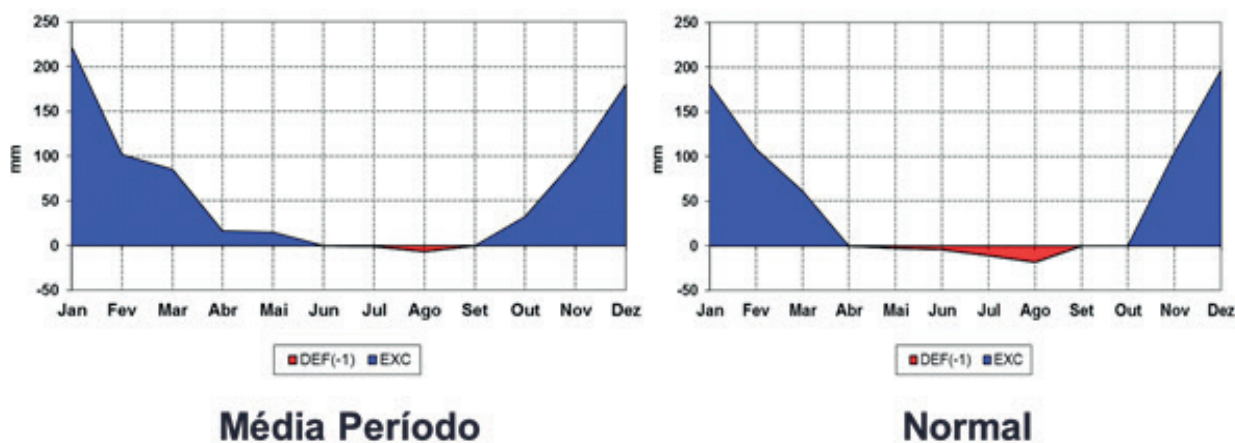


Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Esses resultados contrariam o observado por Back (2001) em Urussanga (SC), onde, em análise semelhante, detectou-se tendência de elevação da precipitação pluvial, e o observado por Minuzzi (2010), que não encontrou tendência de mudança no comportamento da precipitação em municípios de Santa Catarina.

Na Figura 5, é apresentado o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) observado para o período avaliado, considerando a média entre as duas cidades e o BHC Normal para a região sul do estado de Minas Gerais.

Figura 5. Balanço Hídrico Climatológico para o período avaliado e Normal para a região



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Nesse comparativo é possível observar um prolongamento do período chuvoso até o mês de junho e uma alta concentração da precipitação no mês de janeiro, diferentemente do verificado no período entre 1961 e 1990 indicado pelo gráfico Normal. Desse resultado, depreende-se que há uma tendência de aumento do excedente hídrico e redução da deficiência hídrica.

Galina (2003), após realizar o processamento do balanço hídrico, analisou a variabilidade e a tendência da deficiência e do excedente hídrico em Ribeirão Preto (SP), verificando aumento na tendência da deficiência hídrica em 49,68 mm e de brusca diminuição na tendência do excedente hídrico em 135,4 mm.

## Conclusões

Os valores de temperatura máxima, média e mínima do ar tendem a se manter em elevação ao longo do tempo na região sul do estado de Minas Gerais.

Não foi possível identificar nenhuma tendência para a variação dos índices pluviométricos ao longo do tempo.

A tendência de mudança climática é uma realidade para região sul do estado de Minas Gerais.

## Climate change trend analysis for the southern region of Minas Gerais, in the period of 1976 to 2006

### Abstract

Climate change related to global warming may affect ecosystems, biomes and varied environments. This subject is responsible for extensive discussions in the academic, political and social environment, aiming to develop methods to reduce this process, which is strongly influenced by human actions. In order to investigate these changes, scientific criteria is necessary; therefore, the aim of this study was to analyze the variation in precipitation and minimum, maximum and average air temperature in Lambari and Lavras, cities located in the south of Minas Gerais state. We collected daily data for minimum, average, and maximum air temperature and for precipitation, from 1976 to 2006, provided by Main Climatological Stations operating in the mentioned cities. The annual average temperature for the entire series through the arithmetic average of the daily values were calculated for the maximum, minimum and average temperatures. For the precipitation, the annual accumulation was estimated, followed by linear regression analysis for those values. The results showed a tendency to increase the maximum, average and minimum air temperature over time. For the precipitation, the data did not show a tendency for increasing or decreasing, due to the determination coefficient low value.

**Keywords:** Meteorology. Temperature. Climate Change.

### Referências

ALTAMIRANO, R. J. A. **Climatologia dos eventos chuvosos e secos severos, extremos e muito extremos usando o Índice de Precipitação Normalizada (SPI) para as regiões centro-oeste, sudeste e sul do Brasil**. 2010. São José dos Campos, Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2010.

BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 717-726, 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2001000500001&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2001000500001&script=sci_abstract&lng=pt)>. Acesso em: 12 nov. 2016.



BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; BONO, L. Tendência temporal da precipitação pluvial anual no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 3, p. 111-113, 1995. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000115&pid=S0100-204X200100050000100002&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000115&pid=S0100-204X200100050000100002&lng=pt)>. Acesso em: 02 dez. 2016.

BLAIN, G. C.; PICOLI, M. C. A.; LULU, J. Análises estatísticas das tendências de elevação nas séries anuais de temperatura mínima do ar no estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 68, n. 3, p. 807-815, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0006-87052009000300030&lng=es&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0006-87052009000300030&lng=es&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 28 nov. 2016.

BLAIN, G. C.; ROLIM, G.; SENTELHAS, P. C.; LULU, J. Variabilidade temporal da temperatura do ar em Campinas, SP: Análise de tendências e mudanças climáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOLOGIA, 14., 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: SBAGro, 2007. Disponível em: <[www.sbagro.org.br/bibliotecavirtual/arquivos/2037.pdf](http://www.sbagro.org.br/bibliotecavirtual/arquivos/2037.pdf)>. Acesso em: 05 dez. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Normais climatológicas: 1961-1990**. Brasília, 1992. 10-24 p.

BRUCE, J. P. **The atmosphere of the living planet earth**. Genève: World Meteorological Organization, 1990. 31-35 p.

GALINA, M. H. **Mudanças climáticas de curto prazo: análise da tendência dos regimes térmicos e hídricos e do balanço hídrico nos municípios de Ribeirão Preto, Campinas e Presidente Prudente (SP), no período de 1969-2001**. 2003. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003.

LIEBMANN, B.; VERA, C. S.; CARVALHO, L. M. V.; CAMILONI, I. A.; HOERLING, M. P.; ALLURED, D.; BARROS, V. R.; BÀEZ, J.; BIDEGAIN, M. An Observed Trend in Central South American Precipitation, **Journal of Climate**, v. 17, p. 4357–4367, 2004. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/3205.1>>. Acesso em: 25 out. 2016.

LIMA, J. G. A.; VIANA, P. C.; WANDERLEY, J. A. C.; MANIÇOSA, R. M.; LIMA, R. M. S. Análise de tendências na temperatura e precipitação em Caicó, Rio Grande do Norte. **Agropecuária Científica no Semiárido**. v. 8, n. 1, p. 34 -38, 2012. Disponível em: <[revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/download/209/pdf](http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/download/209/pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2016.

MELLO, M. H. A.; ALFONSI, R. R. A variação térmica secular em Campinas, SP: um exemplo de problemas inerentes ao estudo de séries temporais em climatologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOLOGIA, 7., 1991, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBAGro, 1993. p. 244-246.

MINUZZI, R. B. Tendências na variabilidade climática de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1288–1293, 2010. Disponível em: [www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n12/06.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n12/06.pdf). Acesso em: 12 dez. 2016.

OBREGÓN, G.; MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima no século XX no Brasil: tendências de chuvas e temperaturas médias e extremas: relatório nº 2**. São Paulo: CPTEC/INPE, 2007. 23-81 p.



RICCE, W. S.; CARAMORI, P. H.; MORAIS, H.; SILVA, D. A. B.; ATÁÍDE, L. T. Análise de tendências na temperatura e precipitação em Londrina, estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., set. 2009. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBAGro, 2009. p. 1-5. Disponível em: <[www.iapar.br/arquivos/Image/agrometeorologia/.../tendencia\\_temp\\_Londrina.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/Image/agrometeorologia/.../tendencia_temp_Londrina.pdf)>. Acesso em: 15 nov. 2016.

SANTOS, D. N. dos; SILVA, V. P. P. da; SOUSA, F. A. S.; SILVA, R. A. Estudo de alguns cenários climáticos para o nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 492-500, 2010. Disponível em: <[www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662010000500006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000500006)>. Acesso em: 02 dez. 2016.

SENTELHAS, P. C.; CAMARGO, A. P. de; CAMARGO, M. B. P. de; ALFONSI, R. R. Um século de desmatamento: efeitos no regime térmico, pluvial e no balanço hídrico em Campinas, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 2, p. 99-103, 1994. Disponível em: <[www.sbagro.org.br/bibliotecavirtual/arquivos/44.pdf](http://www.sbagro.org.br/bibliotecavirtual/arquivos/44.pdf)>. Acesso em: 03 nov. 2016.

SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S.; CAVALCANTI, E. P.; SOUZA, E. P.; SILVA, B. B. Teleconnections between sea-surface temperature anomalies and air temperature in northeast Brazil. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**. v. 68, n. 1, p.781-792, 2006. Disponível em: [www.dca.ufcg.edu.br/vapordagua/artigos/Enil\\_2006\\_n01.pdf](http://www.dca.ufcg.edu.br/vapordagua/artigos/Enil_2006_n01.pdf). Acesso em: 10 dez. 2016.

THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology, New Jersey, Drexel Institute of Technology, 1955. 25-64 p.

### Histórico editorial:

Submetido em: 22/01/2017

Aceito em: 18/07/2017

Como citar:

#### ABNT

LEMOS, B. C. S.; SILVA, L. P.; MIRANDA, W. L.; ABREU L. G. Análise de tendência de mudanças climáticas para a região sul do estado de Minas Gerais no período de 1976 a 2006. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 3, p. 25-33, jul./set. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181163>

#### APA

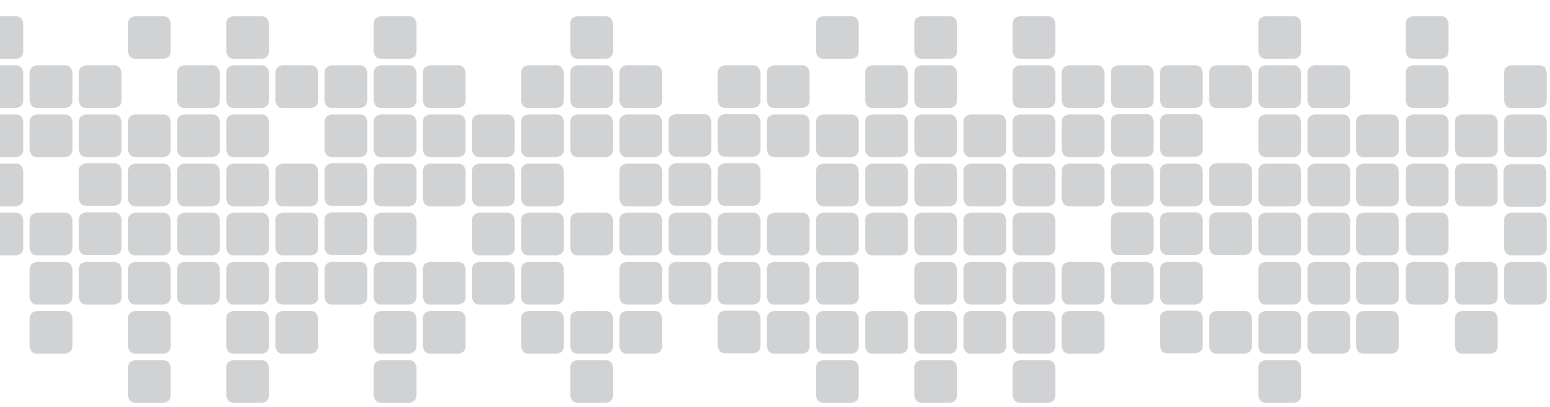
LEMOS, B. C. S., SILVA, L. P., MIRANDA, W. L. & ABREU L. G. (2018) . Análise de tendência de mudanças climáticas para a região sul do estado de Minas Gerais no período de 1976 a 2006. *Revista Agrogeoambiental*, 10 (3), 25-33. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181163>

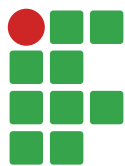
#### ISO

LEMOS, B. C. S., SILVA, L. P., MIRANDA, W. L. e ABREU L. G. Análise de tendência de mudanças climáticas para a região sul do estado de Minas Gerais no período de 1976 a 2006. *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 3, pp. 25-33. Eissn 2316-1817. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181163>

#### VANCOUVER

Lemos BCS, Silva LP, Miranda WL, Abreu LG. Análise de tendência de mudanças climáticas para a região sul do estado de Minas Gerais no período de 1976 a 2006. *Rev agrogeoambiental*. 2018. jul./set.; 10(3): 25-33. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181163>





# Substrato vegetal utilizado para nidificação de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) em Floresta Decidual

Gabriela dos Santos Francisco<sup>1</sup>

Marcos Magalhães de Souza<sup>2</sup>

Mateus Clemente<sup>3</sup>

Ângela Gomes Brunismann<sup>4</sup>

## Resumo

As vespas sociais nidificam em diferentes espécies de plantas, no entanto, as informações em relação à possível preferência por determinados tipos de substratos vegetais são escassas em diferentes ecossistemas brasileiros. Nesse panorama, o presente estudo tem por objetivo obter informações sobre nidificação desses insetos em áreas de Floresta Decidual. O trabalho foi realizado no estado de Minas Gerais, Brasil, no período de junho de 2014 a abril de 2015. Utilizando a metodologia de busca ativa, foram registradas 128 colônias de 18 espécies distribuídas em 12 gêneros de vespas sociais nidificadas em 30 famílias vegetais. A escolha das vespas sociais pelo substrato de nidificação é influenciada pela complexidade ecológica do ambiente.

**Palavras-chave:** Colônias. Insetos sociais. Mata seca.

## Introdução

O Brasil é caracterizado por formações florestais distintas, e 6 % da cobertura vegetal brasileira é representada por Floresta Decidual, conhecida popularmente como Mata Seca (SEVILHA; SCARIOT; NORONHA, 2004). O norte do Estado de Minas Gerais recebe a influência da Floresta Decidual, que ocupa uma área de 3,46 % (BELEM, 2008), formando um ecótono entre Caatinga e Cerrado (SEVILHA; SCARIOT; NORONHA, 2004), tendo como características marcantes o alto grau de caducifolia na estação seca (MURPHY; LUGO, 1986) e duas estações climáticas bem definidas (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991; COLLEVATTI et al., 2013).

Apesar de essa formação não ocupar uma área geográfica considerável no estado de Minas Gerais, os poucos trabalhos realizados sobre a diversidade apontam uma relevante riqueza de determinados grupos de insetos (OLIVEIRA et al., 2011) e plantas (SALES et al., 2009 a,b), contudo não há dados sobre vespas sociais.

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), *Campus Inconfidentes*, Minas Gerais, Brasil, graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas, gabfransantos2013@gmail.com, Rua Humaitá, 1038, Bairro Várzea, Ouro Fino (MG), CEP: 37570-000.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), *Campus Inconfidentes*, professor, marcos.souza@ifsuldeminas.edu.br.

3 Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, professor, mateus1981@gmail.com.

4 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), *Campus Inconfidentes*, graduada em Licenciatura em Ciências Biológicas, angelabrunismann@gmail.com.

As vespas sociais pertencem à ordem Hymenoptera, conhecidas popularmente como marimbondos ou cabas (PREZOTO; CORTES; MELO, 2008), e estão inseridas na subfamília Polistinae. No Brasil são encontradas 319 espécies sendo 104 endêmicas, é o país com a maior diversidade de Polistinae do mundo (CARPENTER; ANDENA, 2013). A Subfamília está dividida em três tribos: Mischocyttarini (*Mischocyttarus* 117 espécies), Polistini (*Polistes* 38 espécies) e Epiponini (20 gêneros e 149 espécies) (CARPENTER; ANDENA, 2013). O grupo Epiponini possui a maior riqueza de gêneros de vespas sociais (CARPENTER; ANDENA, 2013) e uma grande variedade de arquitetura dos ninhos (WENZEL, 1998).

A permanência das vespas sociais em determinados ambientes depende diretamente do sucesso da construção de novas colônias (DEJEAN; CORDABA; CARPENTER, 1998; HUNT, 2007; JEANNE, 1975), que envolvem a grande capacidade de forrageamento, cujo objetivo é buscar alimento e material para a fundação dos ninhos envolvendo a coleta dos seguintes recursos: carboidratos utilizados na alimentação de adultos, proteínas animal utilizada na alimentação dos imaturos, fibra vegetal utilizada como material de construção dos ninhos e água utilizada para a refrigeração e como material de construção dos ninhos (PREZOTO; CORTES; MELO, 2008; ELISEI et al., 2010; BARBOSA; PASCHOALINI; PREZOTO, 2014).

Os substratos utilizados para fundação de suas colônias são bem variados, podendo ser superfície inferior de folhas, edificações, troncos de árvores, ramos vegetais ou cavidades naturais (CARPENTER; ANDENA, 2013) e seus ninhos apresentam diversas variedades quanto à arquitetura, baseada no tipo de substrato utilizado (JEANNE, 1975; WENZEL, 1998), podendo ter um único favo coberto ou não por um envelope protetor ou múltiplos favos também cobertos ou descobertos, sendo ainda utilizados como caráter taxonômico para as espécies (CARPENTER; ANDENA, 2013). Entretanto, não está claro quais são os fatores que levam à escolha de um determinado substrato vegetal em relação a outro (SOUZA; PREZOTO, 2006; PREZOTO et al., 2007; SOMAVILLA; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2012; SOUZA et al., 2014).

A partir do que foi apresentado, o presente estudo visou obter mais informações sobre os substratos vegetais utilizados para a nidificação das vespas sociais em floresta decidual.

## Material e métodos

O trabalho foi conduzido no norte do Estado de Minas Gerais em um ambiente que recebe a influência dos biomas Cerrado e Caatinga. A região possui condições climáticas que refletem um clima semiárido, tendo uma temperatura média por ano de 25 °C e índices pluviométricos anuais de aproximadamente 1.000 mm, com chuvas concentradas especialmente nos meses de outubro a fevereiro (SANTOS et al., 2007).

**Figura 01:** Áreas amostradas, hachuradas no mapa, para registro das colônias de vespas sociais em Minas Gerais.



**Fonte:** Elaboração dos autores (2016)

As coletas foram realizadas no período de junho de 2014 a abril de 2015, sendo cinco dias de amostragem em cada estação do ano. Foram quatro períodos amostrais: estação chuvosa (primavera e verão) e estação seca (outono e inverno), totalizando 20 dias de coleta no período de um ano, quando foram amostradas 10 % da área.

Para o registro das colônias de vespas sociais nidificadas em substrato vegetal foi utilizado o método de busca ativa. A coleta de espécimes de vespas sociais foi feita com redes entomológicas. Os gêneros foram identificados com base em chaves propostas por Richards (1978).

O material vegetal utilizado como substrato foi coletado com o auxílio de uma tesoura de poda ou podão, sendo prensado e posteriormente levado até a estufa do Laboratório de Sementes do *Campus Inconfidentes* para secagem. Quando secas, foram montadas exsicatas das plantas para identificação. A identificação do material vegetal foi realizada com o auxílio da literatura especializada Botânica Sistemática (APG III 2012) e por especialistas da área.

## Resultados e discussão

Foram registradas 128 colônias de 18 espécies distribuídas em 12 gêneros de vespas sociais (TABELA 01). As espécies com o maior número de colônias foram *Polybia occidentalis occidentalis* (OLIVER, 1971) com 33; *Mischocyttarus monte* (ZIKAN, 1949) com 19 colônias; *Protopolybia exigua exigua* (SAUSSURE, 1854) com 18 e *Mischocyttarus cassununga* (R. VON. IHERING, 1903) com 15 colônias. O restante das espécies de vespas sociais apresentaram um número inferior a 10 colônias nidificadas em substrato vegetal (TABELA 01).

**Tabela 01.** Relação das espécies de vespas sociais, número de colônias, espécies vegetais e famílias das plantas que foram utilizadas como substrato de nidificação, registrados no período de junho de 2014 a abril de 2015.

Espécies de vespas sociais	Espécies vegetais	Famílias	Colônias
<i>Agelaia multipicta multipicta</i> (HALIDAY, 1836)	sp. 01	Sapindaceae	1
<i>Agelaia vicina</i> (SAUSSURE, 1854)	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	1
<i>Apoica pallens</i> (FABRICIUS, 1804)	sp. 01	Myrtaceae	1
	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	1
<i>Brachygastra lecheguana</i> (LATREILLE, 1824)	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	1
<i>Chartergellus communis</i> (RICHARDS, 1978)	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	1
	<i>Citrus</i> sp. L.	Rutaceae	1
	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	1
<i>Chartergus globiventris</i> (SAUSSURE, 1854)	sp. 01	Fabaceae	2
<i>Metapolybia cingulata</i> (FABRICIUS, 1804)	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Fabaceae	3
	sp.02	Fabaceae	1
	sp.03	Fabaceae	2
<i>Mischocyttarus bertonii</i> (DUCKE, 1918)	sp.01	Poaceae	1
	sp.01	Meliaceae	1
	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	2
	<i>Davilla</i> sp.	Dilleneaceae	1
<i>Mischocyttarus cassununga</i> (R. VON IHERING, 1903)	<i>Nephrolepis exaltata</i>	Pteridófitas	2
	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	5
	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	2
	sp.01	Bignoniaceae	1
	sp.01	Solanaceae	1
	<i>Peperomia</i> sp.	Piperaceae	1
	<i>Solanum pseudo-quina</i>	Solanaceae	2
	sp.01	Delineaceae	1
<i>Mischocyttarus montei</i> (ZIKAN, 1949)	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	8
	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	1
	<i>Inga vera</i> Willd.	Fabaceae	2
	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	Caryocaraceae	1
	<i>Coccoloba</i> sp.	Polygonaceae	2
	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	4
	<i>Celtis</i> sp.	Cannabaceae	1
<i>Parachartergus fraternus</i> (GRIBOLDO, 1892)	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	1
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) <i>Brenam</i>	Fabaceae	1
<i>Parachartergus smithii</i> (SAUSSURE, 1854)	sp.04	Fabaceae	1

(Continua)



(Continuação)

Espécies de vespas sociais	Espécies vegetais	Famílias	Colônias
<i>Polybia jurinei</i> (SAUSSURE, 1854)	sp.01	Bursemaceae	1
	sp.05	Fabaceae	1
	<i>Prunus cf. myrtilolia</i> L.	Rosaceae	1
	sp.06	Fabaceae	2
	sp.02	Bignoniaceae	1
	sp.01	Sapotaceae	1
	sp.01	Rubiaceae	1
<i>Polybia occidentalis occidentalis</i> (OLIVIER, 1791)	<i>cipo</i> sp.	Poaceae	1
	<i>Platypodium elegans</i> Vog.	Fabaceae	2
	sp.07	Fabaceae	1
	<i>Pitoge nienitins</i>	Fabaceae	1
	<i>Bauhinia forficata</i> Vog.	Fabaceae	1
	sp.08	Fabaceae	1
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	4
	sp.09	Fabaceae	1
	sp.10	Fabaceae	1
	sp.11	Fabaceae	1
	Aquenia	Fabaceae	1
	sp.01	Ericaceae	1
	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	1
	sp.01	Anacardiaceae	1
	<i>Ficus</i> sp.01	Moraceae	1
	sp.01	Moraceae	1
	<i>Celtis</i> sp.	Cannabaceae	1
	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	1
	sp.01	Lauraceae	1
	<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae	1
	sp.01	Santidaceae	1
	<i>Pisidium guajava</i> L.	Myrtaceae	2
	sp.01	Malpighiaceae	1
	sp.01	Werbenaceae	1
	sp.01	Nytaginaceae	1
	sp.01	Ulmaceae	1
	sp.01	Anonaceae	1
<i>Caryocar brasiliense</i> St. Hil	Caryocaraceae	1	
<i>Protonectarina sylveirae</i> (SAUSSURE, 1854)	sp.02	Moraceae	1
	sp.02	Myrtaceae	1
	sp.02	Anacardiaceae	1

(Continua)

(Continuação)

Espécies de vespas sociais	Espécies vegetais	Famílias	Colônias
<i>Protopolybia exigua exigua</i> (SAUSSURE, 1854)	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Anacardiaceae	2
	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	5
	<i>Eugenia</i> sp.	Myrtaceae	1
	sp.03	Myrtaceae	1
	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Annonaceae	1
	<i>Macherium</i> sp.	Fabaceae	1
	<i>Pylophia aromatica</i> (Lam.)	Anonaceae	1
	<i>Talisia esculenta</i> St. Hil	Sapindaceae	1
	<i>Ficus</i> sp.02	Moraceae	1
	<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae	2
<i>Caryocar brasiliense</i> St. Hil	Caryocaraceae	2	
<i>Protopolybia sedula</i> (SAUSSURE, 1854)	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	1
<i>Synoeca surinama</i> (LINNAEUS, 1767)	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Fabaceae	2
	<i>Inga vera</i> Willd.	Fabaceae	2
	sp.04	Myrtaceae	1
	<i>Ficus</i> sp.03	Moraceae	1
	sp.01	Rutaceae	1
Total	71 Espécies vegetais	30	128

**Fonte:** Elaboração dos autores (2016)

No total foram identificadas 30 famílias vegetais, sendo 29 angiospermas e uma pteridófitas que foram utilizadas como substrato para nidificação. As famílias que apresentaram maior número de espécies vegetais também foram as mais utilizadas como substrato de nidificação pelos insetos sociais. Fabaceae com 37 (28,90 %) colônias em 19 espécies vegetais e Anacardiaceae com 35 (27,34 %) colônias em quatro espécies de plantas (TABELA 01).

O levantamento florístico realizado por Rodrigues et al. (2009) na mesma região aponta Fabaceae, Myrtaceae e Anacardiaceae como as famílias que apresentaram maior riqueza de espécies, sendo comum em formações florestais adjacentes, o que aumenta a probabilidade das vespas sociais utilizarem essas espécies vegetais como substratos para nidificação.

A espécie vegetal mais utilizada como substrato de nidificação foi *Mangifera indica* L. (27 colônias), popularmente conhecida como mangueira, da família Anacardiaceae. A espécie apresenta folha larga e rígida e isso poderia influenciar positivamente a edificação de colônias de vespas sociais, em razão da proteção contra intempéries.

A escolha das vespas sociais por um substrato de nidificação geralmente é influenciada por plantas com folhas largas e perenes (DEJEAN; CORDABA; CARPENTER, 1998; SOUZA et al., 2014). Essas plantas contribuem de maneira significativa para as vespas sociais, fornecendo sombra para as colônias durante o período severo do ano. Alguns estudos afirmam que espécies do gênero *Mischocyttarus* tem preferência por ambientes antropizados, principalmente locais que protegem os ninhos da chuva e dos raios solares (SIMÕES; GOBBI; BATARCE, 1985; LIMA; LIMA; PREZOTO, 2000; TORRES et al., 2011) isso explica a preferência do gênero por espécies vegetais que ofereçam proteção contra alguns fatores externos.



As características morfológicas das plantas não foram analisadas no presente estudo, mas podem ser um fator que contribua para a escolha das vespas sociais por um substrato de nidificação, principalmente na escolha do gênero *Mischocyttarus*, que constrói seus ninhos abertos e por isso necessitam de mais proteção contra fatores abióticos e bióticos.

As espécies *Hymenaea coubaril* L. e *Hymenaea stgonocarpa* Mart.ex Hayne foram bastante representativas, a *H. coubaril* L. apresentou 12 colônias e a *H. stgonocarpa* Mart.exHayn cinco colônias.

*Hymenaea stgonocarpa* tem ocorrência nos estados do Piauí, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e São Paulo, podendo ser encontrada no Cerrado por esse motivo, também é conhecida como jatobá-do-cerrado (CORRÊA, 1984; LORENZI, 2000), é uma árvore decídua, com folhas alternadas compostas bifoliadas e tronco tortuoso característico de planta do Cerrado (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMPRAPA, 2010). A espécie *H. coubaril* L. pode ser encontrada em áreas de estação seca como a Bahia, tendo ocorrência em formações abertas da Caatinga e Cerrados (LORENZI, 2000; PINTO; SANTIAGO; LAMEIRA, 2000; LORENZI), suas folhas são compostas e coriáceas, o que também explicaria as vespas sociais utilizarem esta espécie para realizar a nidificação em suas folhas.

A espécie de vespa social que apresentou a maior plasticidade em relação ao substrato de nidificação foi *Polybia occidentalis* com 33 colônias. A nidificação ocorreu em diferentes famílias vegetais, com destaque para Fabaceae (14 colônias), para a qual o gênero *Hymenaea* e especificamente a espécie *Hymenaea courbaril* L. foi a mais utilizada pela espécie *P. occidentalis* com quatro colônias.

A possível preferência das vespas sociais pelo substrato de nidificação, devido a alguma característica morfológica ou fisiológica de alguma espécie vegetal em particular, ainda não está clara (SOUZA; PREZOTO, 2006; PREZOTO et al., 2007; SOUZA et al., 2010; SOMAVILLA et al., 2012; SOUZA et al., 2014), pois ainda há poucos estudos que tentam explicar uma possível preferência de algumas espécies de vespas sociais por determinadas espécies de plantas, entretanto, o trabalho realizado por Souza et al., 2014 mostra que as vespas não são influenciadas pela particularidade de uma espécie vegetal em específico, e sim por um atributo compartilhado por várias espécies vegetais, como folhas largas e coriáceas, deciduidade, entre outras características. Assim, a complexidade do ambiente é um fator significativo na seleção do local de nidificação (DEJEAN; CORDABA; CARPENTER, 1998).

## Conclusão

Foi possível constatar que as vespas sociais em Floresta Decidual não são influenciadas por alguma característica específica das espécies vegetais, e sim pela riqueza de algumas famílias. Neste estudo, Fabaceae e Anacardiaceae foram as mais abundantes na área de estudo e as mais utilizadas como substrato de nidificação, sendo que a complexidade ecológica do ambiente é determinante na escolha pelo substrato vegetal, corroborando os resultados obtidos por outros estudos realizados em ecossistemas distintos.

## Vegetatives ubstrateused for nesting of social wasps (Hymenoptera, Vespidae) in Decidual Forest

### Abstract

Social wasps nest in different plant species, however, information regarding the possible preference for certain types of plant substrates is scarce in different Brazilian ecosystems. In this panorama, the present study aims to obtain information on nesting of these insects in Deciduous Forest areas. The work was carried out in the state of Minas Gerais, Brazil, from June 2014 to April 2015. Using the active search methodology, 128 colonies of 18 species distributed in 12 genera of nested wasps in 30 plant families were registered. The choice of social wasps by the nesting substrate is influenced by the ecological complexity of the environment.

**Keywords:** Colonies. Social insects. Dryforest.

### Referências

BARBOSA, B. C.; PASCHOALINI, M.; PREZOTO, F. Temporal Activity Patterns and Foraging Behaviour by Social Wasps (Hymenoptera, Polistinae) on Fruits of *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae). **Sociobiology**, v. 61, p. 239-242, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.uefs.br/index.php/sociobiology/article/view/253/422>>. Acesso em: 16 set. 2018. DOI: 10.13102/sociobiology.v61i2.239-242.

BELEM, R. A. **Zoneamento ambiental e os desafios da implementação do Parque Estadual Mata Seca, Município de Manga, Norte de Minas Gerais**. 2008. 169 f. Tese (Mestrado) UFMG. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/MPBB-7FCMWK>>. Acesso em: 16 set. 2018.

CARPENTER, J. M.; ANDENA, S. R. The vespidae of Brazil. **Manaus, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia**, p. 42, 2013.

CARPENTER, J. M.; MARQUES, O. M. **Contribuição ao estudo de vespídeos do Brasil (Insecta, Hymenoptera, Vespoidea, Vespidae)**. Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia, 2001. (Série Publicações Digitais. v. 2), versão 1.0. 1 CDROM.

COLLEVATTI, R. G; TERRIBILE, L. C; OLIVEIRA, G.; LIMA RIBEIRO, M. S; NABOUT, J. C; RANGEL, T. F.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Drawbacks to palaeodistribution modelling: the case of South American seasonally dry forests. **Journal of Biogeography**. v. 40 , n. 2, p. 345-358, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/jbi.12005>. Acesso em: 16 set. 2018.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro. Ministério da Agricultura: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1984. p. 707.

DEJEAN, A.; CORDABA, B.; CARPENTER, J. M. Nesting site selection by wasp in the Guianese rainforest. **Insectes sociaux**, v. 45, p. 33-41, 1998. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s000400050066>> . Acesso em: 16 set. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s000400050066>

ELISEI, T.; NUNES, J. V. E.; RIBEIRO JUNIOR, C.; FERNANDES JUNIOR, A. J.; PREZOTO, F. Uso da vespa social *Polybia versicolor* no controle de desfolhadores de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2010, v. 45, p. 958-964. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/8202/6060>>. Acesso em: 16 set. 2018.

EMBRAPA. Cultivo da Mangueira. Semiárido Sistemas de Produção, 2. ed., versão eletrônica, p. 111, 2010.

HUNT, J. H. **The Evolution of Social Wasps**. Oxford University Press, New York, v. 259, 2007. p. 100-114.

JEANNE, R. L. The adaptiveness of social wasps nest architecture. **The Quarterly Review of Biology**, v. 50, p. 267, 1975. Disponível em: <<https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/408564>>. Acesso em: 19 set. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1086/408564>

LIMA, M. A. P.; LIMA, J. R. D.; PREZOTO, F. Levantamento dos gêneros, flutuação das colônias e hábitos de nidificação de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) no *Campus* da UFJF, Juiz de Fora, MG. **Revista Brasileira de Zociências**, 2: 69-80, 2000.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Plantarum, 2000. p.352.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas. São Paulo: Plantarum, 2002. p. 512.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. **Ecology of tropical dry forest**. Annual Review of Ecology and Systematics, v. 17, n. 1, p. 67-88, 1986.

OLIVEIRA, V. H. F.; MOTA-SOUZA, J. G.; VAZ-DE-MELLO, F. Z.; NEVES, F. S.; FAGUNDES, M. Variação na fauna de besouros rola-bosta (Coleoptera: Scarabaeinae) 24 entre habitats de Cerrado, Mata Seca e Mata Ciliar em uma região de transição Cerrado-Caatinga no Norte de Minas Gerais MG. **Biota**, v. 4, p. 4-16, 2011.

PINTO, J. E. B. P.; SANTIAGO, E. J. A.; LAMEIRA, O. A. **Compêndio de plantas medicinais**. Lavras: UFLA/FAEPE, p. 208, 2000.

PREZOTO, F.; RIBEIRO-JÚNIOR, C.; OLIVEIRA, S. A.; ELISEI, T. Manejo de vespas e marimbondos em ambiente urbano. In: PINTO, A. S.; ROSSI, M. M.; SALMERON, E. (org.). **Manejo de Pragas Urbanas**. Piracicaba: editor, 2007. p. 123-126.

PREZOTO, F.; CORTES, S. A. O.; MELO, A. C. Vespas: de vilãs a parceiras. **Ciências Hoje**, v. 48, p. 70-73, 2008.

RICHARDS, O. W. **The social Wasps of the Americas, Excluding the Vespinae**. London: British Museum, Natural History, 1978. p. 580.

RODRIGUES, P. M. S.; AZEVEDO, I. F. P.; VELOSO, M. D. M.; SANTOS, R. M.; MENINO, G. C. O.; NUNES, R. F.; FERNANDES, W. **Riqueza Florística da vegetação ciliar do Rio Pandeiros, Norte de Minas Gerais**, MG. *Biota*, v. 2, n. 2, p. 20 – 37, 2009. Disponível em: <[https://documentacao.socioambiental.org/noticias/anexo\\_noticia//6583\\_20091113\\_120335.pdf#page=18](https://documentacao.socioambiental.org/noticias/anexo_noticia//6583_20091113_120335.pdf#page=18)>. Acesso em: 17 set. 2018.

SALES, H. R.; SANTOS, R. M. dos; NUNES, Y. R. F.; MORAIS-COSTA, F.; SOUZA, S. C. A. Caracterização florística de um fragmento de cerrado na APA Estadual do Rio Pandeiros-Bonito de Minas/MG. MG. *Biota*, v. 2, p. 22-30, 2009b.

SALES, H. R.; SOUZA, S. C. A.; LUZ, G. R.; MORAIS-COSTA, F.; AMARAL, V. B.; SANTOS, R. M.; VELOSO, M. D. M.; NUNES, Y. R. F. Flora arbórea de uma Floresta Estacional Decidual na APA Estadual do rio Pandeiros, Januária/MG. MG. *Biota*, v. 2, p. 31-41, 2009a.

SANTOS, R. M.; VIEIRA, F. A.; FAGUNDES, M.; NUNES, Y. R. F.; GUSMÃO, E. Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no Norte de Minas Gerais. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 31, p. 135-144, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rarv/v31n1/15.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2018.

SEVILHA, A. C.; SCARIOT, A.; NORONHA, S. Estado atual da representatividade de unidades de conservação em florestas estacionais deciduais no Brasil. In: 55º CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. São Paulo. *Anais ...* São Paulo: Sociedade Brasileira de Botânica, p. 1-60, 2004.

SIMÕES, D.; GOBBI, N.; BATARCE, B. R. M. Mudanças sazonais na estrutura populacional em colônias de três espécies de vespas do gênero *Mischocyttarus* (Hymenoptera, Vespidae). *Naturalia*, v. 10, p. 89–105, 1985.

SOMAVILLA, A.; OLIVEIRA, M. L.; SILVEIRA, O. T. Identification guide for nests of social wasps (Hymenoptera: Vespidae: Polistinae) in Reserva Ducke, Manaus, Amazonas, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 56, n. 4, p. 405-414, 2012.

SOUZA, M. M.; PREZOTO, F. Diversity of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in semideciduous forest and cerrado (Savanna) regions in Brazil. *Sociobiology*, v. 47, n. 1, p. 135-147, 2006. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/profile/Fabio\\_Prezoto/publication/289329514\\_Diversity\\_of\\_social\\_wasps\\_Hymenoptera\\_Vespidae\\_in\\_semideciduous\\_forest\\_and\\_cerrado\\_Savanna\\_regions\\_in\\_Brazil/links/58ebc1cbaca272bd2875f7dd/Diversity-of-social-wasps-Hymenoptera-Vespidae-in-semideciduous-forest-and-cerrado-Savanna-regions-in-Brazil.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fabio_Prezoto/publication/289329514_Diversity_of_social_wasps_Hymenoptera_Vespidae_in_semideciduous_forest_and_cerrado_Savanna_regions_in_Brazil/links/58ebc1cbaca272bd2875f7dd/Diversity-of-social-wasps-Hymenoptera-Vespidae-in-semideciduous-forest-and-cerrado-Savanna-regions-in-Brazil.pdf)>. Acesso em: 18 set. 2018.

SOUZA, M. M.; LADEIRA, T. E.; ASSIS, N. R. G. A.; ELPINO-CAMPOS, A.; CARVALHO, P.; LOUZADA, J. N. Ecologia de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) no Campo Rupestre na Área de Proteção Ambiental, APA, São José, Tiradentes, MG. *Biota*, v. 3, n. 2, 15-30, 2010.

SOUZA, M. M.; PIRES, E. P.; ELPINO-CAMPOS, A.; LOUZADA, J. N. C. Nesting of social wasps (Hymenoptera: Vespidae) in a riparian forest of Rio das Mortes in Southeastern Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* (Impresso), v. 36, p. 189-196, 2014.

SOUZA, M. M.; PIRES, E. P.; PREZOTO, F. Seasonal richness and composition of social wasps (Hymenoptera, Vespidae) in áreas of Cerrado Biome in Barroso, Minas Gerais State, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 539-545, 2014.

TORRES, V. O.; MONTAGNA, T. S.; FERNANDES, W. D.; ANTONIALLI-JUNIOR, W. F. Colony cycle of the social wasp *Mischocyttarus consimilis* Zikán (Hymenoptera, Vespidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, p. 247– 252, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0085-56262011000200016>. Acesso em: 17 set. 2018.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro. p.123, 1991. Disponível em: <[http://hm-jbb.ibict.br/bitstream/1/397/1/1991\\_classificacaovegetal\\_Velloso1991.pdf](http://hm-jbb.ibict.br/bitstream/1/397/1/1991_classificacaovegetal_Velloso1991.pdf)>. Acesso em: 17 set. 2018.

WENZEL, J. W. A generic key to the nests of hornets, yellowjackets, and paper wasps worldwide (Vespidae: Vespinae, Polistinae). **American Museum Novitates**, v. 3224, p. 1-39, 1998.

#### Histórico editorial:

Submetido em: 19/01/2017

Aceito em: 18/07/2017

Como citar:

##### ABNT

FRANCISCO, G. S.; SOUZA, M. M. de; CLEMENTE, M.; BRUNISMANN, A. G. Substrato vegetal utilizado para nidificação de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) em Floresta Decidual. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 3, p. 35-45, jul./set. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181162>

##### APA

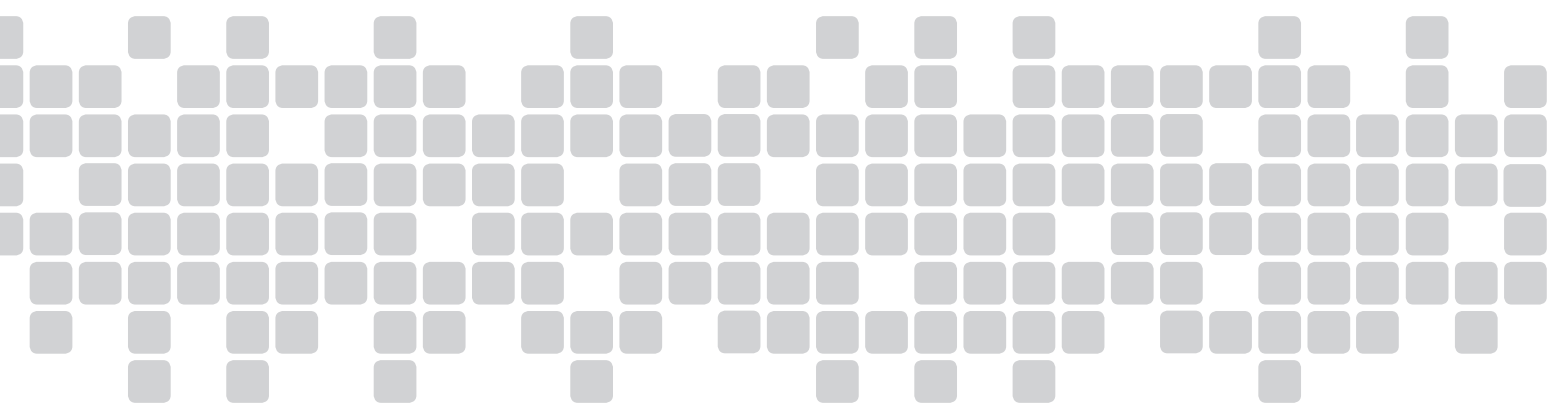
FRANCISCO, G. S., SOUZA, M. M. de, CLEMENTE, M. & BRUNISMANN, A. G. (2018). Substrato vegetal utilizado para nidificação de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) em Floresta Decidual. *Revista Agrogeoambiental*, 10 (3), 35-45. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181162>

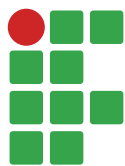
##### ISO

FRANCISCO, G. S.; SOUZA, M. M. de; CLEMENTE, M. e BRUNISMANN, A. G. Substrato vegetal utilizado para nidificação de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) em Floresta Decidual. *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 3, pp. 35-45. Eissn 2316-1817. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181162>

##### VANCOUVER

Francisco GS, Souza MM de, Clemente M, Brunismann AG. Substrato vegetal utilizado para nidificação de vespas sociais (Hymenoptera, Vespidae) em Floresta Decidual. *Rev agrogeoambiental*. 2018. jul./set.; 10(3): 35-45. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181162>





# Qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes usos

Leandro Campos Pinto<sup>1</sup>

Wantuir Filipe Teixeira Chagas<sup>2</sup>

Francisco Hércio Canuto Amaral<sup>3</sup>

## Resumo

Diante dos aspectos envolvidos na retenção de água pelo solo devido aos diferentes manejos adotados, realizou-se este estudo para avaliar a retenção de água no solo e o índice S no diagnóstico da qualidade estrutural do solo sob diferentes sistemas de manejo. O trabalho foi conduzido em julho/agosto de 2013 nas instalações da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Coletaram-se amostras indeformadas na camada de 0 a 20 cm em um Latossolo Vermelho Distroférico sob os seguintes usos: plantio convencional de milho, plantio de café, plantio de eucalipto e um referencial de equilíbrio (mata nativa). As amostras indeformadas foram submetidas aos potenciais matriciais de -2; -4; -6 e -10 kPa em unidade de sucção, com funis de placa porosa e em câmara de Richards de média pressão a -33 e -100 kPa e alta pressão para -500 e -1500 kPa. A estrutura do solo foi avaliada com base nos atributos: densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade determinados pelo método do anel volumétrico. Para cálculo do índice S, empregou-se a equação apresentada por Dexter, a qual é utilizada quando o ajuste é feito pelo modelo de van Genuchten. Os resultados mostraram que o solo de mata possui maior capacidade de drenagem da água em relação aos outros manejos do solo. Em todas as condições avaliadas os valores de índice S foram superiores a 0,050, o que indica uma boa qualidade física do solo sob os diferentes manejos adotados.

**Palavras-chave:** Retenção de água. Índice S. Porosidade.

## Introdução

A importância da água e do solo para o sustento alimentar da população humana são indiscutíveis. De acordo com Azevedo e Dalmolin (2006), o solo é a fonte mais básica e primordial de sustento da humanidade. Por isso, o manejo incorreto pode trazer perdas consideráveis, muitas vezes, irreversíveis ao ecossistema, degradando ambientes naturais, afetando diretamente a economia de um determinado local ou até mesmo de uma região.

A dinâmica da água no solo se inicia a partir do momento em que esta toca o solo e desencadeia uma relação que pode ser mútua ou destrutiva, dependendo da intensidade de um (água) e da proteção do outro (solo). Lepsch (2011) citou que a água dentro dos poros do solo está intimamente associada às suas partículas sólidas e ao ar, o que provoca mudança de comportamento não só desse

1 Universidade Federal de Lavras, doutor em Ciência do Solo. [leandcampos@yahoo.com.br](mailto:leandcampos@yahoo.com.br). Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras-DCS/UFLA, Campus Universitário, Cx. Postal 3037, CEP: 37200-000.

2 Universidade Federal de Lavras, doutor em Ciência do Solo. [wantuirfilipe@gmail.com](mailto:wantuirfilipe@gmail.com).

3 Universidade Federal de Lavras, doutor em Ciência do Solo. [helcioagro@gmail.com](mailto:helcioagro@gmail.com).



líquido como também dos sólidos ou gases no interior deste solo. A água depois que se infiltra no solo tem um comportamento diferente de quando ela estava somente na superfície. Ao penetrar o solo, dependendo da sua quantidade e do tipo de solo em que se infiltra, sua retenção e movimentação dependem de vários fatores, tais como textura, estrutura, quantidade e tamanho dos poros e a forma como os horizontes estão dispostos no perfil do solo (PINTO et al., 2015; 2018). Fatores ligados ao solo, à superfície e os relacionados ao manejo, embora independentes, atuam em conjunto e podem influenciar uma das mais importantes propriedades do meio poroso que influem diretamente a infiltração de água no solo (ALVARENGA, 2010).

Várias são as maneiras pelas quais a qualidade física do solo pode se manifestar; são exemplos de má qualidade física dos solos a baixa capacidade de infiltração de água, o escoamento superficial, a baixa aeração, o sistema radicular reduzido e a dificuldade de mecanização (ANDRADE; STONE, 2009). A degradação do solo é um dos principais problemas ambientais em todo o mundo e há fortes indícios de que os processos de degradação do solo apresentam uma ameaça imediata para a biomassa e os rendimentos econômicos, bem como um risco em longo prazo para as produções agrícolas futuras (PAGLIAI; VIGNOSSI; PELEGRINNI, 2004). A densidade do solo é afetada por cultivos que alteram a estrutura e, por consequência, o arranjo e volume dos poros, influenciando as propriedades físico-hídricas importantes, tais como: a porosidade de aeração, a retenção de água no solo, a disponibilidade de água às plantas e a resistência do solo à penetração (TORMENA; ROLOFF; SÁ, 1998).

Freddi et al. (2009) citaram que para práticas de cultivo relacionadas com a estrutura, a distribuição do tamanho dos poros e as propriedades hídricas do solo como os fluxos e a disponibilidade de água às plantas têm sido empregados indicadores de qualidade do solo como o índice "S". De acordo com Andrade e Stone (2009), o índice S é altamente correlacionado com a densidade do solo, porosidade total e macroporosidade, mostrando tratar-se de um indicador adequado da qualidade física de solos.

Dexter (2004a) enfatizou que, de maneira similar à densidade, outro atributo físico do solo que sofre alterações com a degradação da sua estrutura é a porosidade; em geral, a degradação da estrutura do solo resulta na sua compactação, o que ocasiona redução do volume de macroporos e mudanças na continuidade e distribuição de poros. Portanto, a necessidade de reduzir o impacto ambiental das atividades agrícolas e controlar a degradação da estrutura do solo é um dos principais objetivos da gestão ambiental do solo (PAGLIAI; VIGNOSSI; PELEGRINNI, 2004).

Segundo Li et al. (2011), atributos indicadores da qualidade física do solo estão inter-relacionados porque todos refletem a estrutura do solo, mas a medição de todos esses atributos pode consumir muito tempo e, portanto, é desejável obter um parâmetro simples para avaliação global. O parâmetro S, segundo os autores, pode servir a esse propósito, mas a teoria precisa ser validada em solos submetidos a práticas de manejo diferentes.

Conhecer o comportamento da água no solo é essencial para a tomada de decisões referentes ao manejo racional dos cultivos irrigados ou não. Pagliai et al. (2004) citaram que, para uma melhor compreensão dos problemas relacionados com a gestão sustentável do solo, produção agrícola e proteção ambiental, é necessário o conhecimento das funções e parâmetros hidráulicos do solo. Segundo Imhoff (2002), a qualidade física do solo é intrínseca, inferida a partir de suas características e propriedades ou por observações indiretas. A quantificação da qualidade física deve incluir atributos físicos do solo relacionados à magnitude com que a matriz do solo resiste à deformação e com a capacidade dele em fornecer ar e água em proporções adequadas ao pleno desenvolvimento da planta (SINGER; EWING, 2000). Diante dos aspectos envolvidos na retenção de água pelo solo devido aos diferentes manejos adotados, o presente trabalho objetivou avaliar a retenção de água no

solo e o índice S no diagnóstico da qualidade estrutural em um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes usos.

## Material e métodos

O trabalho foi conduzido em julho/agosto de 2013 nas instalações da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras(MG), definida geograficamente pelas coordenadas 21° 14' de latitude Sul e 45° 00' de longitude Oeste e altitude 910 m. Esta área insere-se na unidade geomorfológica do Planalto Atlântico, especificamente na Superfície do Alto Rio Grande com predominância de relevo ondulado.

Geologicamente a região é representada, de forma predominante, por rochas do Complexo Varginha, do Arqueano, com material de origem dos solos proveniente da alteração de gabro e gnaisse-granítico. A região em estudo apresenta clima Cwb, segundo a classificação de Koppen, ou seja, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso. Pela classificação de Thornthwaite, é designado como B3rB'3a', úmido, com pequeno déficit hídrico, mesotérmico, evapotranspiração potencial de 899 mm ao ano (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). A precipitação e temperatura média da região foram de 1.530 mm e 19,4° C, respectivamente, para a série de dados de 1961 a 1990 e, atualmente, para a série de 1991 a 2004 é de 1.460 mm e 20,4° C (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

Amostras indeformadas foram coletadas na camada de 0 a 20 cm em um Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), classificado de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013), sob os seguintes manejos: plantio convencional de milho (1,22 ha), plantio de café (0,25 ha), plantio de eucalipto (0,32 ha) e floresta nativa (5,8 ha). A área sob plantio de milho tem uma história de culturas anuais alternadas (milho e feijão), com o plantio de milho sendo realizado na estação chuvosa do ano (outubro a março) e feijão, sob irrigação, na estação seca (abril a setembro). A área sob eucalipto tem em sua história cultivo de culturas anuais, como milho, feijão e batata. E a área sob plantio de café foi implantada há mais de 15 anos em antiga área de pastagem. Posteriormente, saturaram-se as amostras com água destilada por 24 horas que, em seguida, foram submetidas aos potenciais matriciais de -2; -4; -6 e -10kPa em unidade de sucção, com funis de placa porosa, em câmara de Richards de média pressão a -33 e -100 kPa e alta pressão para -500 e -1500 kPa. Após o equilíbrio, pesou-se a amostra úmida e seca após secagem em estufa a 105-110°C por 24 horas. Após esfriada em dessecador, pesou-se a amostra seca.

A porcentagem de umidade foi calculada com base no peso seco em estufa e, após a obtenção destes dados, construiu-se a curva característica de umidade.

Ajustaram-se os pontos experimentais por meio da equação de van Genuchten (1980) (EQUAÇÃO 1), minimizando a soma dos quadrados dos desvios, utilizando o software SWRC (Dourado-Neto et al., 2000), obtendo, assim, os parâmetros empíricos de ajuste, 'a', 'm' e 'n', fixando a  $U_s$  (umidade de saturação) no valor correspondente à porosidade total.

$$U = U_r + \frac{(U_s - U_r)}{[1 + (\alpha \Psi_m)^n]^m} \quad (1)$$

em que  $U$  = umidade no solo que se deseja saber ( $gg^{-1}$ ),  $U_s$  = umidade de saturação, ou seja, a umidade na menor tensão aplicada;  $U_r$  = umidade residual, ou seja, a umidade na maior tensão aplicada;  $\Psi_m$  = potencial mátrico da água no solo e  $\alpha$ ,  $m$  e  $n$  são parâmetros empíricos da equação.

Para cálculo do índice S, empregou-se a Equação 2, apresentada por Dexter (2004a) que é utilizada quando o ajuste é feito pelo modelo de van Genuchten (1980).

$$S = -n(U_s - U_r) \left[ 1 + \frac{1}{m} \right]^{-(1+m)} \quad (2)$$

em que:

S = valor da inclinação da CRA no seu ponto de inflexão;

$U_r$  = umidade residual ( $g\ g^{-1}$ )

$U_s$  = umidade de saturação ( $g\ g^{-1}$ )

m e n = parâmetros empíricos da equação.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos inteiramente casualizados, com cinco repetições, sendo os tratamentos constituídos de quatro sistemas de uso (café, eucalipto, milho e mata nativa). A estrutura do solo foi avaliada com base nos atributos: densidade do solo ( $D_s$ ), porosidade total (PT), macroporosidade (Macro) e microporosidade (Micro), determinados pelo método do anel volumétrico (amostras indeformadas), conforme Ferreira e Dias Junior (1994).

As médias dos valores de retenção de água por ponto de tensão, dos valores de índice S e valores de  $D_s$ , PT, Macro e Micro para cada manejo foram submetidas à análise de variância e, quando significativas, procedeu-se o teste de média Skott-Knott (SCOTT-KNOTT, 1974) ao nível de 5% de probabilidade por meio do software SISVAR (FERREIRA, 2014).

## Resultados e discussão

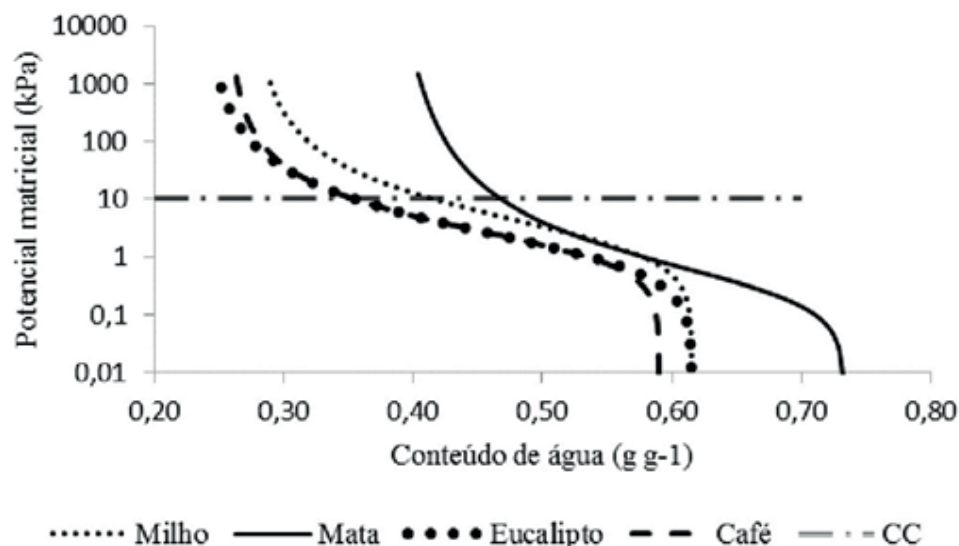
A Tabela 1 apresenta os parâmetros de ajuste da equação de van Genuchten (1980), obtidos com auxílio do programa SWRC, utilizados para a construção das curvas características de umidade do solo para cada sistema de manejo do solo estudado, as quais são apresentadas na Figura 1.

**Tabela 1.** Parâmetros de ajuste da equação de van Genuchten (1980) utilizada para construção da curva característica de umidade do solo para cada sistema de manejo do solo estudado.

Manejo	m	n	$\alpha$	$U_s$	$U_r$
				---- $g \cdot g^{-1}$ ----	
Milho	0,3535	1,5510	0,5403	0,62	0,28
Mata	0,3300	1,4953	3,8994	0,73	0,34
Eucalipto	0,3463	1,5367	1,1573	0,62	0,24
Café	0,3865	1,6391	0,8025	0,59	0,26

**Fonte:** Elaboração dos autores (2016).

**Figura 1.** Curvas de retenção de água de um Latossolo Vermelho Distroférico sob diferentes sistemas de manejo. CC é a tensão de 10 kPa correspondente à capacidade de campo.



**Fonte:** Elaboração dos autores (2016).

Na Figura 1 são apresentadas as curvas de retenção de água em diferentes manejos do Latossolo Vermelho Distroférico.

Analisando a curva de retenção da água no solo da mata (Figura 1), nota-se um comportamento típico deste tipo de manejo, no qual se esperaria encontrar uma maior retenção de água devido ao efeito da matéria orgânica (RAWLS et al., 2003).

Em tensões superiores a 10 kPa, correspondente à capacidade de campo, o solo sob mata apresentou maior retenção de água, seguido, respectivamente, do manejo de milho, café e eucalipto. A maior retenção de água obtida pelos manejos de mata e milho em altas tensões é devido à maior microporosidade observada nestes tratamentos (Tabela 2), e a menor retenção de água obtida pelos manejos com café e eucalipto é devido aos menores valores de microporosidade nestes ambientes (Tabela 2).

**Tabela 2.** Média dos valores de densidade do solo (Ds), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), porosidade total (PT) e índice S para os diferentes manejos do solo amostrados.

Manejo	Ds**	Macro**	Micro***	PT***	Índice S
	g cm <sup>-3</sup>	.....g g <sup>-1</sup> .....			
Milho	0,99 a	0,18 b	0,44 a	0,61 b	0,085 a
Mata	0,87 b	0,32 a	0,41 a	0,73 a	0,087 a
Eucalipto	0,97 a	0,23 b	0,38 b	0,61 b	0,098 a
Café	1,02 a	0,20 b	0,39 b	0,58 b	0,088 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade.\*\* (P < 0,01); \*\*\* (P < 0,001).

**Fonte:** Elaboração dos autores (2016).

De acordo com a Figura 1 e Tabela 2, o ambiente sob mata apresentou o maior conteúdo de água em baixas tensões evidenciadas pelo menor valor de densidade do solo, maior valor de macroporosidade e maior valor de porosidade total. Esses resultados se devem, possivelmente, por se tratar de um sistema sem pedoturbação antrópica e por ter um maior conteúdo de matéria orgânica acumulada neste ambiente (BEUTLER et al., 2002) atuando como um ambiente regulador da água no solo, contribuindo para a recarga e manutenção dos corpos d'água.

Rawls et al. (2003) observaram que a retenção de água é substancialmente mais sensível à quantidade de carbono orgânico em solos, de forma que um aumento no conteúdo de matéria orgânica resulta em um aumento na retenção de água de todas as classes texturais.

Em ambos os sistemas de manejo, o maior conteúdo de água em baixas tensões deveu-se, ainda, à mineralogia oxidica da fração argila, que promove a formação de microagregados arredondados com menos de 1 mm, em que predominam poros de empacotamento composto entre estes e destes com grãos não envoltos de plasma, formando um aspecto maciço poroso "in situ", promovendo maior proporção de poros grandes e menor densidade do solo (FERREIRA; FERNANDES; CURI, 1999). Em altas tensões, possivelmente o maior teor de argila destes solos foi responsável por maior retenção de água, principalmente no ambiente sob Mata.

Segundo Dexter (2004a), a redução do índice S está muito associada à diminuição da porosidade do solo em áreas cultivadas. Neste estudo, observaram-se maiores valores de macroposidade na mata. Este resultado demonstra que a perda da qualidade física do solo pode estar ligada também à redução da porosidade do solo, o mesmo resultado foi observado por Argenton et. al. (2005).

Tavares Filho e Tessier (2010), estudando o efeito de diferentes manejos em Latossolos no Paraná, verificaram que a porosidade de um Latossolo Vermelho Distroférico foi maior que o mesmo parâmetro no Latossolo Vermelho Eutroférico sob mesmo manejo. No LVdf somente os macroporos foram afetados pelo manejo enquanto o LVef sofreu alteração tanto nos macro quanto nos microporos.

Ferreira e Dias Júnior (2001) citaram que os fatores que afetam a retenção de água pelo solo são a textura, a mineralogia, o conteúdo de matéria orgânica e a estrutura do solo, sendo a estrutura particularmente importante na faixa de retenção de água a baixa tensão, na qual a retenção é governada principalmente pelos fenômenos de capilaridade.

Na Tabela 2, estão apresentados os valores de Índice S determinados para os quatro manejos de solos. Este índice é um parâmetro que tem grande sensibilidade para distinguir alterações introduzidas pelo manejo na qualidade física do solo para o crescimento de plantas, obtido a partir do valor da inclinação da tangente no ponto de inflexão da curva de retenção de água (DEXTER, 2004a). Verifica-se que nenhum manejo apresentou diferença significativa para o índice S, apresentando altos valores deste índice, indicando que esses solos apresentam uma boa qualidade física.

Na mata nativa, o valor de "S" foi de 0,087, podendo-se, desta forma, afirmar que esse solo possui boa qualidade física, corroborando os dados de Oliveira et al. (2013) para um Latossolo Vermelho Eutroférico sob mata na região de Jaboticabal (SP).

Os valores de densidade encontrados nos diferentes manejos (Tabela 1) estão abaixo dos valores considerados limitantes por Reichert, Silva e Reinert (2007), que são  $> 1,39 \text{ g cm}^{-3}$  para textura argilosa. Ainda de acordo com a Tabela 1, foram observados os menores valores de Ds associados à maior Macro e PT para o solo sob Mata. De acordo com Mello, Ivo e Ross (2006), a maior quantidade de material orgânico na superfície, consequência do maior crescimento de raízes e incorporação de serrapilheira, justifica a menor Ds na camada mais superficial de solos sob vegetação nativa.

Verificou-se (TABELA 2) o aumento da  $D_s$  e redução do volume de poros no ambiente sob Café, o que justifica a redução do teor de água nos potenciais mais baixos próximos à saturação ( $U_s$ ) (FIGURA 1).

Maiores valores de índice S equivalem à maior inclinação da curva de retenção de água (DEXTER, 2004a), indicando melhor distribuição de poros e maior quantidade de poros com maior diâmetro, a exemplo do que se observa na Tabela 1. Os baixos valores de densidade do solo encontrados em Latossolos são decorrentes da microagregação das partículas de argila, o que promove aumento da porosidade e conseqüente diminuição da densidade do solo (FERREIRA; FERNANDES; CURI, 1999; KLEIN, 2005; RESENDE et al., 2014), assim, depreende-se que os manejos adotados estão preservando esta característica.

Apesar de os solos cultivados estarem mais expostos a perdas da qualidade física em conseqüência do tráfego de máquinas, equipamentos e pisoteio de animais, isto não foi observado pelo índice S.

## Conclusões

O solo de mata possui maior capacidade de drenagem da água em relação aos outros manejos do solo.

Os menores valores de densidade do solo estão associados à maior macroporosidade e porosidade total para o solo sob mata.

Em todas as condições avaliadas, os valores de índice S foram muito superiores a 0,050, indicando uma boa qualidade física do solo sob os diferentes manejos adotados.

## Water retention and S index of an Oxisol under different uses

### Abstract

Due to the aspects involved in the water retention by soil regarding different managements, this study was carried out to assess the water retention in the soil and the S index in the diagnosis of the soil structural quality under different management systems. The work was conducted in July/August, 2013 in the facilities of the Federal University of Lavras. Undisturbed samples were collected from 0 to 20 cm depth layer of an Oxisol under the following uses: conventional tillage of corn, coffee crop, eucalyptus crop and an equilibrium reference (native vegetation). Undisturbed samples were submitted to matrix potentials of -2; -4; -6 and -10 kPa in suction unit, with porous plate funnel, and to Richards' medium pressure chamber to -33 and -100 kPa and high pressure to -500 and -1500 kPa. The soil structure was assessed based on the attributes: soil density, total porosity, macroporosity and microporosity, determined by the volumetric ring method. In order to calculate the S index, it was used the equation presented by Dexter which is used when the adjustment is done by van Genuchten's method. The results showed that soil under native vegetation has greater drainage capacity compared to other soil managements. In all assessed conditions, the values of S index were above 0.050, which indicates an adequate soil physical quality under the different management systems adopted.

**Keywords:** Water retention. S index. Porosity.



## Referências

- ALVARENGA, C. C. **Indicadores hidrológicos do solo para identificação de áreas potenciais de recarga subterrânea**. 2010. 81f. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3081/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Indicadores%20hidrol%C3%B3gicos%20do%20solo%20para%20identifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1reas%20potenciais%20de%20recarga%20subterr%C3%A2nea.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3081/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Indicadores%20hidrol%C3%B3gicos%20do%20solo%20para%20identifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1reas%20potenciais%20de%20recarga%20subterr%C3%A2nea.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2015.
- Andrade, R. S.; Stone, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p.382–388, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n4/v13n4a03>>. Acesso em: 25 mar. 2015.
- ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C. WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma de estrutura de LatossoloVermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 03, p. 425-435, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n3/25743.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2015.
- AZEVEDO, A. C.; DALMOLIN, R. S. D. **Solos e Ambiente: uma introdução**. 2. ed. Editora Pallotti: Santa Maria (RS), 2006.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SOUZA, Z. M.; ANDRIOLI, I.; ROQUE, C. G. Retenção de água em dois tipos de Latossolo sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 3, p. 829-834, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v26n3/29.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2015.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n6/a39v31n6.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2014.
- DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v. 120, n. 3-4, p.201-214, 2004a. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706103002891>>. Acesso em: 05 maio 2014.
- DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part II. Friability, tillage, filth and hard-setting. **Geoderma**, v. 120, n. 3-4, p. 215-225, 2004b. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706103002908?via%3Dihub>>. Acesso em: 05 maio 2014.
- DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part III. Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. **Geoderma**, v. 120, n. 3-4, p. 227-239, 2004c. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001670610300291X>>. Acesso em: 05 mai. 2014.
- DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D. N.; HOPMANS, J. W.; REICHART, K.; BACHI, O. O. S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.0). **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 1, p. 191-192, 2000. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162000000100031](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162000000100031)>. Acesso em: 19 maio 2014.



EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p. Disponível em: <[http://livraria.sct.embrapa.br/liv\\_resumos/pdf/00053080.pdf](http://livraria.sct.embrapa.br/liv_resumos/pdf/00053080.pdf)>. Acesso em: 11 mar. 2014.

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: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v38n2/a01v38n2.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

FERREIRA, M. M.; DIAS JÚNIOR, M. S. **Física do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 117p.

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, p. 515-524, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v23n3/04.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

FERREIRA, M. M.; DIAS JUNIOR, M. S. **Física do Solo**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 63p.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; DUARTE, A. P.; LEONEL, C. L. Compactação do solo e produção de cultivares de milho em Latossolo Vermelho. I - Características de planta, solo e índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 793-803, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n4/05.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2015.

IMHOFF, S. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Argissolos Vermelhos**. 2002. 94f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-11092002-094725/pt-br.php>>. Acesso em: 01 mar. 2014.

KLEIN, V. A. **Propriedades do solo e manejo da água em ambientes protegidos com cultivo de morangueiro e figueira**. Passo Fundo: Ed. UPF, 2005. 61 p.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2011. p. 143-159.

LI, L.; CHAN, K. Y.; NIU, Y.; OATES, A.; DEXTER, A. R.; HUANG, G. Soil physical qualities in an Oxic Paleustalf under different tillage and stubble management practices and application of S theory. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 113, n. 2, p. 82-88, jun. 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198711000420>>. Acesso em: 08 mar. 2014.

MELLO-IVO, W. M. P.; ROSS, S. Efeito da colheita seletiva de madeira sobre algumas características físicas de um Latossolo Amarelo sob floresta na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 5, p. 769-776, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbcs/v30n5/02.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2014.

OLIVEIRA, P. R.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; ROSSETTI, K. V.; FERRAUDO, A. S.; FRANCO, H. B. J.; PEREIRA, F. S.; BÁRBARO, L. S. Qualidade estrutural de um Latossolo Vermelho submetido à compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 604-612, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v37n3/06.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2014.

PINTO, L. C.; MELLO, C. R.; OWENS, P. R.; NORTON, L. D.; CURI, N. Role of Inceptisols in the hydrology of mountainous catchments in Southeastern Brazil. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 21, n. 2, 05015017, 2015. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001275](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001275)>. Acesso em: 15 abr. 2014.

PINTO, L.C.; MELLO, C.R.; NORTON, L.D.; POGGERE, G.C.; OWENS, P. R.; CURI, N. A. Hydropedological Approach to a Mountainous Clayey Humic Dystrudept in the Mantiqueira Range, Southeastern Brazil. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 1, p. 60-69, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0144>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

PAGLIAI, M.; VIGNOZZI, N.; PELLEGRINI, S. Soil structure and the effect of management practices. **Soil and Tillage Research**, v. 79, n. 2, p. 131-143, 2004. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198704001394>>. Acesso em: 05 abr. 2014.

RAWLS, W. J.; PACHEPSKY, Y. A.; RITCHIE, J. C.; SOBECKI, T. M.; BLOODWORTH, H. Effect of soil organic carbon on soil water retention. **Geoderma**, v. 116, n. 1-2, p. 61-76, 2003. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706103000946>>. Acesso em: 05 mai. 2014.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação**. In: CERRETA, C. A.; SILVA, L. S. da; REICHERT, J. M. Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 5. p. 49-134.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F.; KER, J. C. Pedologia: base para distinção de ambientes. Lavras: UFLA. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 6. ed. Lavras: UFLA, 2014. p. 113-114.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, n. 3, p.507-512, 2014. Disponível em: <<https://www.ime.usp.br/~abe/lista/pdfXz71qDkDx1.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2015.

SINGER, M.; EWING, S. Soil quality. In: SUMMER, M. E. (Ed.). **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC, 2000. p. 271-298.

TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Effects of different management systems on porosity of Oxisols in Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 899-906, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n3/31.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2014.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 2, p. 301-309, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v22n2/16.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2014.

VAN GENUCHTEN, M.Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal** 44, n. 5, p. 892-898, 1980. Disponível em: <[http://people.ucalgary.ca/~hayashi/gly607/reading/van\\_Genuchten1980.pdf](http://people.ucalgary.ca/~hayashi/gly607/reading/van_Genuchten1980.pdf)>. Acesso em: 14 abr. 2014.

#### **Histórico editorial:**

Submetido em: 21/09/2016

Aceito em: 19/07/2017

Como citar:

ABNT

PINTO, L. C.; CHAGAS, W. F. T.; AMARAL, F. H. C. Qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes usos. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 3, p. 47-57, jul./set. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181103>

APA

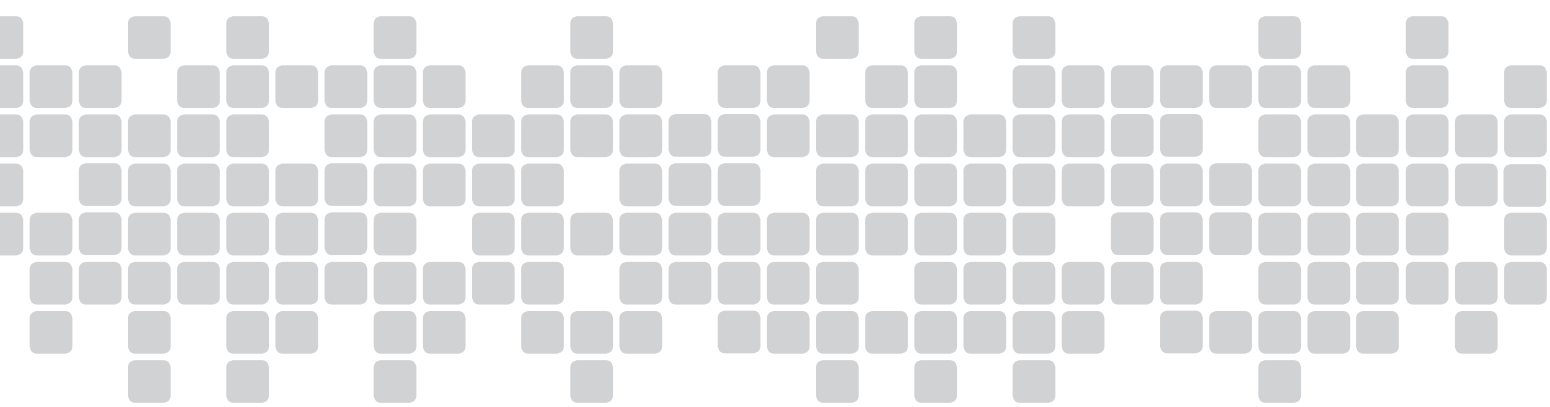
PINTO, L. C., CHAGAS, W. F. T. & AMARAL, F. H. C. (2018). Qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes usos. *Revista Agrogeoambiental*, 10 (3), 47-57. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181103>

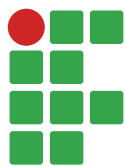
ISO

PINTO, L. C.; CHAGAS, W. F. T. e AMARAL, F. H. C. Qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes usos. *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 3, pp. 47-57. Eissn 2316-1817. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181103>

VANCOUVER

Pinto LC, Chagas WFT, Amaral FHC. Qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes usos. *Rev agrogeoambiental*. 2018. jul./set.; 10(3): 47-57. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181103>





# Aproveitamento agroindustrial de resíduos de mamão 'formosa' minimamente processados

Paula Cristina Carvalho Lima<sup>1</sup>

Bianca Sarzi Souza<sup>2</sup>

Amanda Tristão Santini<sup>3</sup>

Daniela Costa de Oliveira<sup>4</sup>

## Resumo

O que caracteriza um dos principais entraves ao desenvolvimento da indústria de processamento mínimo de frutas e hortaliças em diversas localidades é a significativa quantidade de resíduos orgânicos gerados e a falta de um destino específico para estes resíduos. Assim, este trabalho teve como objetivo determinar a composição centesimal de subprodutos obtidos a partir do fruto e oferecer alternativas para o aproveitamento dos resíduos de mamões minimamente processados. Do resíduo da casca foram elaboradas duas formulações de doces, em que os produtos elaborados foram avaliados quanto à composição centesimal e características sensoriais. Na avaliação sensorial, foi usada escala hedônica de 5 pontos para o parâmetro sabor e aparência e uma escala estruturada mista de 5 pontos para o parâmetro intenção de compra. Houve participação de 67 consumidores não treinados para o Doce 1 e 83 para o Doce 2. Os resultados mostraram que os produtos elaborados a partir da casca apresentaram bom conteúdo nutricional. O teste sensorial indicou que os produtos elaborados obtiveram boa aceitabilidade por parte dos consumidores, e a avaliação do doce de enrolar foi mais positiva do que o doce pastoso.

**Palavras-chave:** *Carica papaya*. Resíduo vegetal. Alimentação humana. Análise sensorial.

## Introdução

O mamoeiro (*Carica Papaya* L.) é uma das fruteiras mais cultivadas e consumidas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, com produção anual mundial de aproximadamente 12,4 milhões de toneladas (Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, 2013). Atualmente, o Brasil é o segundo produtor mundial de mamão, principalmente nos estados da Bahia e Espírito Santo, responsáveis por cerca de 90% da produção nacional, o que coloca o país entre os principais países exportadores, especialmente para o mercado europeu (REETZ et al., 2015).

O sabor agradável, o teor de açúcar apropriado, a baixa acidez, o equilíbrio de nutrientes e a presença de vitamina A e C tornam o mamão uma fruta muito apreciada, saudável e muito conhecida por apresentar propriedades nutricionais e benéficas à saúde humana, essas qualidades fazem do

1 Universidade Federal de Viçosa, estudante de doutorado em Fisiologia Vegetal. Viçosa, Minas Gerais, Brasil. paula.c.lima@ufv.br. Avenida Peter Henry Rolfs, s/n - Campus Universitário, Viçosa, MG, CEP: 36570-900.

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS), Campus Muzambinho, professora pesquisadora. bianca.souza@muz.ifsuldeminas.edu.br.

3 IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho, estudante de graduação em Ciências Biológicas. amanda\_tsantini@yahoo.com.br.

4 Universidade Federal de Lavras, estudante de graduação em Nutrição. dandi\_oliveira@hotmail.com.

mamão um alimento indicado para o consumo humano em toda faixa etária, sendo um atrativo para o mercado *in natura* e para a agroindústria (MARTINS, 2005). De acordo com Zubiolo et al. (2012), o mamão é uma das melhores frutas do mundo, tanto pelo seu valor nutritivo, quanto pelo seu poder medicinal. Um dos seus mais importantes princípios é a papaína, uma enzima reconhecida como superior à pepsina e muito usada para prestar alívio nos casos de indigestão aguda.

Após o processamento, as frutas geram subprodutos, os quais muitas vezes não possuem um destino específico, tornando-se contaminantes ambientais, conseqüentemente, gerando custos operacionais às empresas, pois necessitam de tratamento para o descarte (INFANTE et al., 2013). Os principais resíduos do mamão são as cascas, as extremidades e as sementes; segundo Vilas Boas (2002), as cascas e sementes correspondem a 34% e as aparas de corte a 12% do total do fruto.

As indústrias de alimentos são responsáveis por gerar toneladas de resíduos compostos de cascas, sementes, caroços e polpa, acarretando sérios problemas ambientais devido à produção de lixo orgânico (NASCIMENTO FILHO et al., 2015); além disso, por causa de nosso hábito alimentar, cascas de frutas, folhas e talos de hortaliças são jogados no lixo. Portanto, o aproveitamento dos subprodutos é uma boa opção, pois diminui os custos da produção e aumenta o aproveitamento do alimento, além de reduzir o impacto que esses subprodutos podem causar ao serem descartados no ambiente (GARMUS et al., 2009).

De maneira geral, as cascas são constituídas basicamente por carboidratos, proteínas e pectinas, o que possibilitaria seu aproveitamento para fabricação de doces, podendo-se tornar uma alternativa viável para resolver o problema da eliminação dos resíduos, além de aumentar seu valor comercial (MIGUEL et al., 2008). Como o homem necessita de uma alimentação sadia, rica em nutrientes, isto pode ser alcançado com partes de alimentos que normalmente são desprezadas. Assim, é importante a utilização de cascas de frutas e hortaliças, pois o aproveitamento integral dos alimentos, além de diminuir os gastos com alimentação e melhorar a qualidade nutricional do cardápio, reduz o desperdício de alimentos e torna possível a criação de novas receitas (GONDIM et al., 2005).

Partindo da hipótese de que o uso de resíduos do processamento mínimo de mamão pode incentivar o reaproveitamento de alimentos e oferecer uma alternativa nutritiva na alimentação humana, este trabalho teve como objetivo determinar a composição centesimal de subprodutos obtidos a partir do fruto e oferecer alternativas para o aproveitamento dos resíduos de mamões minimamente processados.

## Material e métodos

### Matéria-prima

Para a confecção dos subprodutos foram utilizados frutos de mamão 'Formosa' colhidos no estádio de maturação 2 (com até 25% da casca amarela) e foram amadurecidos até atingir o estádio 4 (com 50% a 75% de casca amarela) (RITZINGER; SOUZA, 2000). Os frutos foram levados para o setor de Agroindústria do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - *Campus* Muzambinho, onde foram higienizados com detergente e enxaguados com hipoclorito de sódio (50 ppm), assim como todos os utensílios utilizados no processamento do material, como placas de corte, bancadas e facas.

O processamento inicial foi constituído do descascamento e retirada das sementes, após esse processo houve a separação dos subprodutos. Foram analisadas separadamente porções de polpa, casca *in natura* e polpa aderida à casca (obtida a partir da raspagem das cascas com auxílio de uma

colher), em que estas foram homogeneizadas em mixer vertical. As sementes foram retiradas do fruto e submetidas a um processo de pré-secagem para otimização do processamento, que constituiu em moer as sementes secas em moinho elétrico para grãos. O resíduo da casca foi obtido a partir de cascas que foram deixadas de molho sob refrigeração por 3 dias, passaram por processo de cocção em água na proporção 2:1 (casca/água) e posteriormente foram homogeneizadas em mixer vertical e peneiradas, obtendo-se uma massa da casca. Todos os subprodutos foram levados ao Laboratório de Bromatologia e Água para a realização das análises centesimais, porém, apenas o resíduo da casca foi utilizado para a confecção de receitas.

## Elaboração das formulações

### *Processo de formulação do doce pastoso (Doce 1)*

Após a obtenção dos subprodutos, o doce pastoso foi confeccionado utilizando os seguintes ingredientes e quantidades:

**Quadro 1.** Formulação do doce pastoso confeccionado com de casca de mamão

INGREDIENTES	QUANTIDADE
Massa da casca	950 g
Margarina	40 g
Coco ralado	95 g
1 gema	20 g
Açúcar	570 g

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2016).

Os mamões foram descascados e as cascas imersas em água durante 3 dias, com trocas periódicas da água e sob refrigeração. As cascas foram cortadas e colocadas em uma panela com água e foram realizadas três fervuras, trocando a água de uma fervura para outra. Na quarta fervura, as cascas foram cozidas por 10 minutos. Depois de esfriar, foram homogeneizadas em liquidificador e, em seguida, peneiradas. A esta massa obtida, foram acrescentados os demais ingredientes, com exceção do coco ralado e levados ao fogo para cocção por cerca de 1 hora e 30 minutos a 90 °C até atingir o ponto de soltar do fundo da panela, após esse processo o coco ralado foi adicionado. Seguindo o processo de Miguel et al. (2008), ao final, os produtos foram acondicionados a quente (85 °C) em embalagens de vidro, previamente esterilizadas a 100 °C/30 minutos, com capacidade para 268 mL e fechadas com tampa de metal. O tratamento térmico foi efetuado em banho-maria a 100 °C por 15 minutos. Em seguida, os frascos foram invertidos por 15 minutos para promover a esterilização das tampas, resfriados à temperatura ambiente, lacrados e armazenados na mesma temperatura.

### *Processo de formulação do doce de enrolar (Doce 2)*

Após a obtenção dos subprodutos, o doce de enrolar foi confeccionado utilizando os seguintes ingredientes e quantidades:



**Quadro 2:** Formulação do doce de enrolar confeccionado com de casca de mamão.

INGREDIENTES	QUANTIDADE
Massa da casca	950 g
Margarina	40 g
Coco ralado	95 g
1 gema	20 g
Açúcar	570 g

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2016).

Foi adotado o mesmo processo de preparação descrito anteriormente para o doce pastoso, porém, após o resfriamento em temperatura ambiente, o doce foi enrolado em bolinhas, passado no coco ralado e colocado em forminhas de papel.

### Avaliações

Os métodos utilizados para as avaliações dos subprodutos e doces formulados com casca de mamão foram: umidade, com o emprego do calor em estufa ventilada à temperatura de 105 °C, com verificações esporádicas até obtenção de peso constante (Association of Analytical Chemistry - AOAC, 2012); fibra bruta pelo método gravimétrico após a hidrólise ácida (VAN de KAMER; VAN GINKEL, 1952); proteína bruta, determinada do teor de nitrogênio por destilação em aparelho de Microkjedahl (AOAC, 2012); extrato etéreo (lipídios) usando o aparelho de extração contínua tipo Soxhlet (AOAC, 2012); resíduo mineral ou fração de cinzas determinado gravimetricamente avaliando a perda de peso do material submetido ao aquecimento a 550 °C em mufla (AOAC, 2012); fração glicídica (carboidratos) determinada através do cálculo: % F.G. = 100 - (U + EE + P + F + C), sendo FG = Fração Glicídica (%); U = Umidade (%); EE = Extrato etéreo (%); P = Proteína (%); F = Fibra Bruta (%) e C = Cinzas (%), considerando a matéria integral; valor calórico usando os fatores de conversão de Atwater: 4 Kcal/g para proteínas, 4 Kcal/g para carboidratos e 9 kcal/g para lipídios conforme Osborne e Voogt (1978).

Os métodos utilizados para as avaliações microbiológicas dos doces confeccionados com casca de mamão foram contagem de coliformes, *Staphylococcus* e *Salmonella* (SILVA et al., 2017).

O projeto teve aprovação do Núcleo Institucional de Pesquisa e Extensão (NIPE), sob número de protocolo 07/2009. As avaliações sensoriais de aceitabilidade contaram com 67 consumidores não treinados para o Doce 1 e 83 para o Doce 2, entre eles funcionários, professores e alunos da instituição. O teste de aceitabilidade foi realizado por meio de escala hedônica de cinco pontos (gostei muito; gostei; indiferente; não gostei; não gostei extremamente) (MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1999), em que foi oferecida uma amostra de um doce e questionado o quanto o consumidor gostou ou desgostou do sabor. O parâmetro intenção de compra dos doces foi avaliado utilizando uma escala estruturada mista de 5 pontos (1 = certamente não compraria; 2 = provavelmente não compraria; 3 = talvez compraria/talvez não; 4 = provavelmente compraria; 5 = certamente compraria) (REIS; MININ, 2006). A aceitabilidade global foi determinada pelas avaliações 'gostei muito' e 'gostei' para o parâmetro sabor e 'certamente compraria' e 'provavelmente compraria' para o parâmetro intenção de compra. Ambos os parâmetros foram avaliados entre consumidores não treinados do sexo feminino e masculino e em relação a três faixas etárias: Faixa 1: 15 a 30 anos, Faixa 2: 31 a 45 anos e Faixa 3: 46 a acima de 60 anos.

A amostragem para caracterização centesimal dos subprodutos e dos produtos foi inteiramente casualizada, com 2 repetições, em que cada unidade experimental foi constituída de uma amostra analisada em duplicata, as médias foram agrupadas segundo o teste de Tukey, em nível de 5 % de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2011). Na análise microbiológica dos produtos foram utilizadas 2 repetições, em que se estabeleceu a presença ou ausência dos microrganismos avaliados. No teste de aceitabilidade foi utilizada estatística descritiva, representando graficamente as porcentagens do índice de aceitação; para desenho gráfico foi utilizado o software SigmaPlot.

## Resultados e discussão

### Caracterização dos produtos

A determinação da composição centesimal é importante, pois fornece informações sobre a composição química de um alimento e pode ser utilizada para a avaliação nutricional, controle da qualidade dos alimentos, desenvolvimento de novos produtos e monitoramento da legislação (CHAVES et al., 2004).

A Tabela 1 contém os teores de umidade que diferiram significativamente, em que o resíduo da casca apresentou maior teor de umidade, seguido pela casca, polpa aderida à casca, polpa e sementes, os dados referentes à umidade da polpa e casca são semelhantes aos encontrados por Gondim et al. (2005), estando de acordo com os padrões estabelecidos pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO (2011). Os teores de umidade para casca e sementes de mamão formosa estão próximos aos encontrados por Rinaldi, Lima e Ascheri (2010), estando próximo também dos 8,62 % de umidade encontrados por Carnevalli e Jorge (2005) que caracterizaram sementes de mamão da variedade 'Formosa'.

Os teores de fração de cinzas (Tabela 1) apresentaram diferenças significativas, as sementes tiveram maiores teores em relação aos demais produtos, a casca mostrou valores semelhantes aos encontrados por Gondim et al. (2005) e abaixo dos encontrados por Rinaldi, Lima e Ascheri (2010), a polpa mostrou valores abaixo dos 0,6 % encontrados por Gondim et al. (2005) e Taco (2011), porém superiores aos obtidos por Rodolfo Júnior et al. (2007), que encontraram os teores de cinzas de 0,264 %. Os teores de proteína bruta estão apresentados na Tabela 1 e mostraram diferenças significativas, as sementes apresentaram o maior teor (23,27 g.100g<sup>-1</sup>), estando próximo aos valores encontrados por Carnevalli e Jorge (2005) e superior aos 5,7 g.100g<sup>-1</sup> encontrados por Rinaldi, Lima e Ascheri (2010), a casca e o resíduo da casca apresenta valores razoáveis, a casca mostrou teor semelhante aos encontrados por Gondim et al. (2005) e abaixo dos 3,6 g.100g<sup>-1</sup> encontrados por Rinaldi, Lima e Ascheri (2010), para a polpa o teor de proteína é inferior aos teores avaliados por Gondim et al. (2005) e Taco (2011).

Os teores de extrato etéreo constam na Tabela 1 e mostraram diferenças estatísticas, em que as sementes apresentam os maiores teores, superiores aos 0,3 g.100g<sup>-1</sup> encontrados por Rinaldi, Lima e Ascheri (2010), porém inferiores aos 24,38 g.100g<sup>-1</sup> encontrados por Carnevalli e Jorge (2005), os valores relacionados à casca e à polpa foram semelhantes aos encontrados por Gondim et al. (2005). As sementes, que correspondem a 14% do peso do fruto, podem ser utilizadas para extração de óleo comestível ou para fins farmacêuticos, além de que o resíduo obtido pode ser para suplementar a alimentação animal ou com fins condimentares (MARTIN et al., 1989).

Em relação aos teores de fibras alimentares (Tabela 1), houve diferença estatística, os teores en-

contrados nas sementes foram superiores aos demais produtos, sendo superiores aos encontrados por Rinaldi, Lima e Ascheri (2010); quanto à casca e polpa, estas apresentaram valores superiores aos teores encontrados por Gondim et al. (2005). Os teores de fibras encontrados no resíduo da casca foram superiores aos da polpa, sendo considerada uma boa alternativa na confecção dos subprodutos com bom conteúdo nutricional, pois de acordo com Botelho, Conceição e Carvalho (2002), a fibra alimentar poderá influenciar vários aspectos da digestão, absorção e metabolismo, entre eles: a diminuição do tempo de trânsito intestinal dos alimentos, aumento da velocidade de absorção intestinal da glicose, diminuição dos níveis de colesterol sanguíneo e diminuição do conteúdo de calorias ingeridas. Assim, a ingestão de fibras, segundo Salgado et al. (2008), pode contribuir para a prevenção de certas enfermidades, como diverticulite, câncer de cólon, obesidade, problemas cardiovasculares e diabetes.

Os carboidratos, juntamente com as proteínas, formam os constituintes principais dos organismos vivos, além de serem a mais abundante e econômica fonte de energia para o homem (BOBBIO, F.; BOBBIO, P., 2003). Os dados relacionados aos teores de carboidratos (TABELA 1) também apresentaram diferença estatística, os maiores valores foram observados no resíduo da casca, provavelmente devido à **concentração da solução osmótica e retirada de água do produto devido à cocção** (PÊ et al., 2015). Os teores encontrados para casca são superiores aos encontrados por Gondim et al. (2005), enquanto os relacionados à polpa são inferiores aos teores encontrados pelo autor citado. Em relação aos dados referentes a calorias, é possível observar diferenças significativas, em que as sementes apresentaram valores superiores aos demais produtos, porém a casca e polpa apresentaram valores inferiores aos encontrados por Gondim et al. (2005).

As diferenças observadas são comuns em resultados apresentados na literatura em que a composição química do fruto pode variar em função da cultivar, clima, tratos culturais, local, época em que é produzido e estágio de maturação (SOUZA et al., 2009), além da diferença de sensibilidade de detecção do analito pela técnica empregada no experimento (MELO, 2010).

**Tabela 1.** Composição centesimal dos produtos do Mamão 'Formosa'

Produtos (Mamão)	Composição centesimal (g.100g <sup>-1</sup> )						Calorias (Kcal.100g <sup>-1</sup> )
	Umidade	Fração de Cinzas	Proteína Bruta	Extrato Etéreo	Fibra Bruta	Carboidratos	
Polpa	89,68 b ± 0,09*	0,39 c ± 0,07*	0,33 c ± 0,05*	0,02 b ± 0,01*	8,83 b ± 0,15*	0,74 c + 0,08*	4,49 d + 0,40*
Casca	90,85 b ± 0,52*	0,84 b ± 0,07*	1,56 b ± 0,04*	0,09 b ± 0,01*	8,41 b ± 0,12*	1,76 bc + 0,08*	14,07 c + 0,22*
Polpa aderida à Casca	97,85 a ± 0,89*	0,10 d ± 0,01*	0,32 c ± 0,04*	0,06 b ± 0,02*	9,44 b ± 0,16*	7,77 a + 0,18*	32,87 b + 0,97*
Sementes	8,13 c ± 0,09*	7,12 a ± 0,01*	23,27 a + 0,24*	5,52 a + 0,03*	52,90 a + 0,46*	3,05 b + 0,46*	155,01 a + 1,68*
Resíduo da Casca	96,63 a + 0,2*	0,13 cd + 0,03*	0,51 c + 0,05*	0,07 b + 0,02*	9,62 b + 0,05*	6,96 a + 0,12*	30,37 b + 0,41*

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey. \* Erro padrão da média.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2016).

Algumas partes dos alimentos consideradas “menos nobres” possuem grande valor nutricional e são ricas em vitaminas, ferro, potássio e outros nutrientes. Em muitos casos, a casca de algumas frutas apresenta maior concentração de vitaminas ou minerais do que a própria polpa da fruta (LIMA, 2010). De acordo com Gondim et al. (2005), as análises químicas mostraram que as cascas das frutas apresentam, em geral, teores de nutrientes maiores do que os das suas respectivas partes comestíveis, a casca de mamão pode ser considerada fonte alternativa de nutrientes (lipídeos, proteínas e minerais como cálcio, ferro, sódio, magnésio, zinco e potássio), evitando o desperdício de alimentos. Diante destes resultados obtidos pela análise da composição centesimal, verifica-se que a utilização da casca na confecção de doces apresenta-se como uma boa alternativa de aproveitamento deste resíduo, devido ao teor de fibras e nutrientes, além do baixo valor calórico, como o indicado por Botelho, Conceição e Carvalho (2002).

Em relação à composição centesimal dos doces, houve diferenças significativas em função de algumas variáveis analisadas. De maneira geral, o doce de enrolar apresentou características nutritivas superiores ao doce pastoso, mostrando menor teor de umidade, maiores teores de proteína bruta, extrato etéreo e calorias (TABELA 2). Em relação à fração de cinzas, fibras e carboidratos, ambos os doces apresentaram teores satisfatórios, não mostrando diferenças significativas (TABELA 2). Os doces apresentaram bom teor de fibra (10,71 e 11,82 g.100g<sup>-1</sup>), sendo superiores às normas estabelecidas, pois segundo Brasil (2012), um alimento com teor mínimo de 3% de fibra alimentar pode ser considerado uma boa fonte de fibra.

Os doces confeccionados com casca de mamão apresentaram melhores valores nutricionais quando comparados com o doce de abóbora cremoso, mostrando 43,9 g.100g<sup>-1</sup> de umidade, 0,9 g.100g<sup>-1</sup> de proteína, 0,2 g.100g<sup>-1</sup> de lipídios, 54,6 g.100g<sup>-1</sup> de carboidratos, 0,4 g.100g<sup>-1</sup> de fração de cinzas e 199 Kcal (TACO, 2011). Os resultados também podem ser considerados superiores aos encontrados por Storck et al. (2013) para geleia de casca de mamão que encontrou 1,2 g.100g<sup>-1</sup> de fibras, 1,7 g.100g<sup>-1</sup> de proteínas, 0,1 g.100g<sup>-1</sup> de lipídios, 1,0 g.100g<sup>-1</sup> de fração de cinzas, 65,9 g.100g<sup>-1</sup> de carboidratos e 271, 5 Kcal.

**Tabela 2.** Composição centesimal dos doces confeccionados com resíduo de mamão ‘Formosa’

Produtos (Mamão)	Composição centesimal (g.100g <sup>-1</sup> )						Calorias (Kcal.100g <sup>-1</sup> )
	Umidade	Fração de Cinzas	Proteína Bruta	Extrato Etéreo	Fibra Bruta	Carboidratos	
Doce Pastoso	47,46 a + 0,3*	0,18 a + 0,05*	0,53 b + 0,03*	0,56 b + 0,05*	10,51 a + 0,61*	40,75 a + 1,95*	171,03 b + 1,01*
Doce de Enrolar	35,14 b + 0,22*	0,26 a + 0,02*	1,19 a + 0,08*	1,43 a + 0,06*	11,82 a + 0,74*	50,16 a + 1,12*	218,27 a + 1,97*

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si (P<0,05) pelo teste de Tukey. \* Erro padrão da média.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2016).

Na tecnologia de alimentos, a produção de doces é uma técnica bem estabelecida e se tornou uma alternativa para a conservação de matérias-primas, pois reduz perdas dos alimentos excedentes, aumenta a vida útil, garante certas frutas fora do período da safra e oportuniza o consumo em regiões não produtoras, aumentando sua disponibilidade (GAVA, 1984). Goulart (1978) considerou os doces uma boa opção, tanto para os produtores quanto para as indústrias: para os produtores, porque tem

nas indústrias uma garantia para a colocação de seu produto; para as indústrias, porque podem usar matéria-prima mais barata, por não ser o tipo de produto muito exigente em termos de uniformidade da fruta. O estudo de Moura, Souza e Oliveira (2017) mostrou que é viável a produção de frutas cristalizadas a partir da casca de melão e albedo de maracujá, principalmente por ser a matéria-prima de descarte de uso doméstico e da indústria e de baixo custo de produção.

Quanto às análises microbiológicas, os produtos avaliados apresentaram ausência dos microrganismos analisados (coliformes, *Staphylococcus* e *Salmonella*), sem indícios de contaminação nociva, assim, o doce estava apto para o consumo humano.

## Avaliações sensoriais

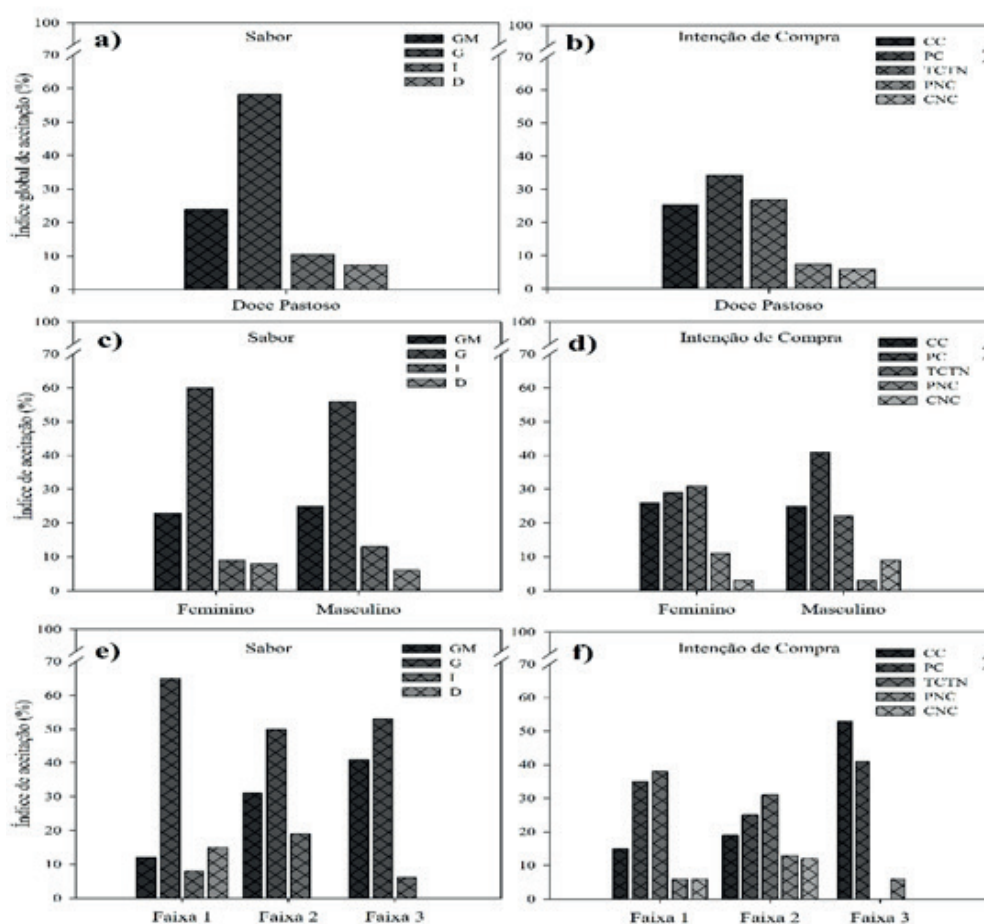
De acordo com Dutcosky (2007), a qualidade do alimento compreende três aspectos fundamentais: nutricional, sensorial e microbiológico. As características de qualidade sensorial tais como sabor, textura e aparência precisam ser monitoradas desde o momento da percepção e escolha desta qualidade, por meio de estudos do consumidor.

Em relação à análise sensorial, o doce pastoso (Doce 1) obteve uma boa aceitação global (soma dos atributos positivos descritos na metodologia em relação ao parâmetro analisado), que pode ser evidenciada com os dados de preferência pelo sabor e intenção de compra. Em relação ao sabor, a maioria dos consumidores (58%) gostaram e 24% gostaram muito, apenas 11% disseram ser indiferentes e 7% disseram não gostar, tendo aceitação global média de 82% (FIGURA 1A). Em relação à intenção de compra, do total de consumidores 25% certamente comprariam, 35% provavelmente comprariam, 27% talvez comprariam/talvez não, 7% provavelmente não comprariam e 6% certamente não comprariam, tendo como aceitação global uma média de 60% (FIGURA 1B).

Dos 67 consumidores, 48% eram do sexo masculino e 52% do sexo feminino. Em relação à variável sabor (FIGURA 1C), é possível verificar que entre os consumidores do sexo feminino e masculino houve uma aceitação global de 83% e 81%, respectivamente, sendo que apenas 9% do público feminino e 6% do público masculino não gostaram do sabor do doce. Em relação à variável intenção de compra (FIGURA 1D), é possível verificar que entre os consumidores do sexo feminino e masculino houve uma aceitação global de 54% e 65%, respectivamente, sendo que 3% dos consumidores do sexo feminino e 9% do sexo masculino certamente não comprariam o produto. Uma pequena parcela dos consumidores desgostou do sabor e a maioria dos consumidores provavelmente comprariam o produto.

A faixa etária dos consumidores foi de 15 a acima de 60 anos, sendo que 51% encontravam-se entre 15 e 30 anos, 24% encontravam-se entre 30 e 45 anos e 25% de 45 a acima de 60 anos. Em relação à variável sabor (FIGURA 1E), a faixa etária entre 15 e 30 anos mostrou uma aceitação global de 39%, enquanto as demais faixas compreenderam uma aceitação global de 43%, em que a opinião mais evidenciada foi 'gostei'. Em relação à variável intenção de compra (FIGURA 1F), a faixa etária entre 15 e 30 anos mostrou uma aceitação global de 25%, enquanto as demais faixas compreenderam uma aceitação global de 34%, em que a opinião mais evidenciada foi 'provavelmente compraria'.

**Figura 1.** Índices globais de aceitação e índices de aceitação do doce pastoso entre os consumidores em relação ao sexo e faixa etária.



Índice global de aceitação (%) em relação ao sabor (a) e intenção de compra (b). Índice de aceitação (%) de acordo com o sexo em relação ao sabor (c) e intenção de compra (d) e de acordo com a faixa etária em relação ao sabor (e) e intenção de compra (f). Faixa 1: 15 a 30 anos, faixa 2: 31 a 45 anos e faixa 3: 46 a acima de 60 anos. GM: 'gostei muito', G: 'gostei', I: 'indiferente' e D: 'desgostei'. CC: 'certamente compraria'; PC: 'provavelmente compraria', TCTN: 'talvez compraria/talvez não', PNC: 'provavelmente não compraria' e CNC: 'certamente não compraria'.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2016).

Em relação à análise sensorial, o doce de enrolar (Doce 2) obteve uma ótima aceitação global (soma dos atributos positivos descritos na metodologia em relação ao parâmetro analisado) que pode ser evidenciada com os dados de preferência pelo sabor e intenção de compra. Em relação ao sabor, a maioria dos consumidores (65%) gostaram e 34% gostaram muito, apenas 1% disseram não gostar, mostrando aceitação global média de 99% (FIGURA 2A). Em relação à intenção de compra, 35% dos consumidores certamente comprariam, 52% provavelmente compraria, 10% talvez comprariam/talvez não, 1% provavelmente não comprariam e 2% certamente não comprariam, mostrando aceitação global média de 87% (FIGURA 2B).

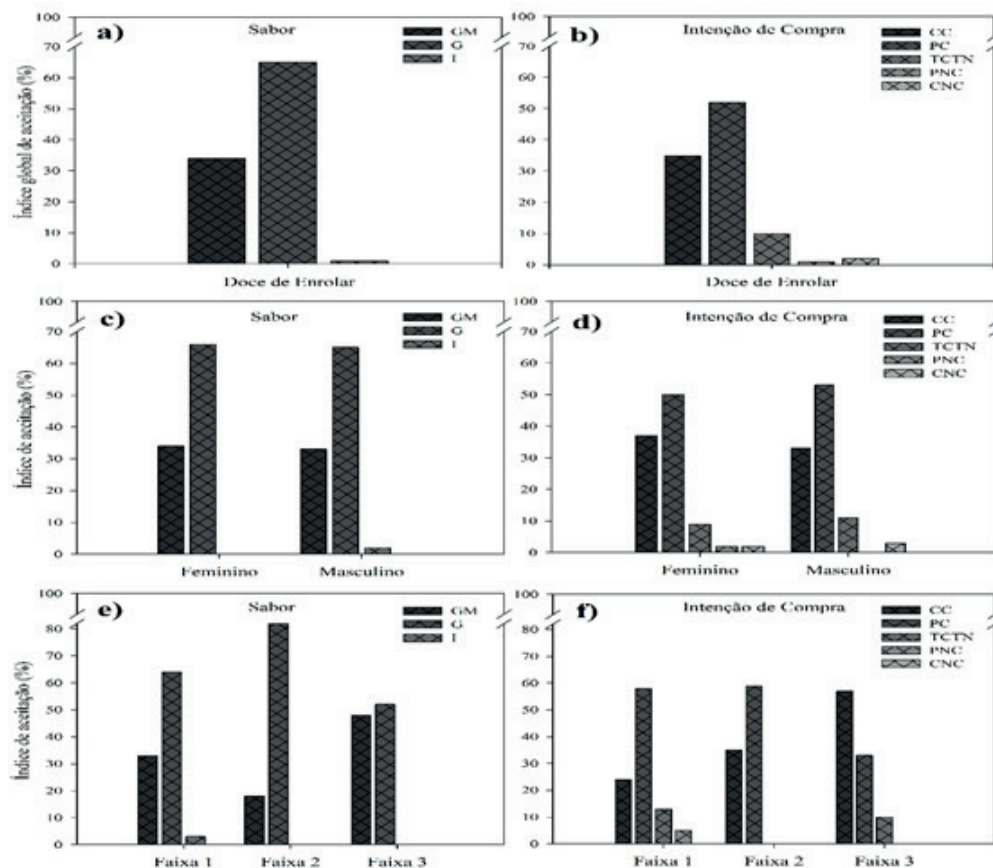
Dos 83 consumidores, 54% eram do sexo masculino e 46% do sexo feminino. Em relação à variável sabor (FIGURA 2C), entre os consumidores do sexo feminino e masculino houve uma aceitação global de 100% e 98%, respectivamente, apenas 2% do público masculino foram indiferentes



ao sabor do doce. Em relação à variável intenção de compra (FIGURA 2D), entre os consumidores do sexo feminino e masculino houve uma aceitação global de 89% e 87%, respectivamente, em que 3% dos consumidores do sexo feminino e 2% do sexo masculino certamente não comprariam o produto. Não houve ninguém que desgostasse do sabor e a maioria dos consumidores provavelmente compraria o produto.

A faixa etária dos consumidores estava entre 15 a acima de 60 anos, em que 54% estavam entre 15 e 30 anos, 21% estavam entre 30 e 45 anos e 25% de 45 a acima de 60 anos. Em relação ao sabor (FIGURA 2E), a faixa etária entre 15 e 30 anos mostrou aceitação global de 53%, enquanto as demais faixas compreenderam uma aceitação global de 46%, a frequência de atributos mais observada foi 'gostei'. Em relação à variável intenção de compra (FIGURA 2F), a faixa etária entre 15 e 30 anos mostrou aceitação global de 45%, enquanto as demais faixas compreenderam aceitação global de 42%, a frequência de atributos mais observada foi 'provavelmente compraria'.

**Figura 2.** Índices globais de aceitação e índices de aceitação do doce de enrolar entre os consumidores em relação ao sexo e faixa etária.



Índice global de aceitação (%) em relação ao sabor (a) e intenção de compra (b). Índice de aceitação (%) de acordo com o sexo em relação ao sabor (c) e intenção de compra (d) e de acordo com a faixa etária em relação ao sabor (e) e intenção de compra (f). Faixa 1: 15 a 30 anos, faixa 2: 31 a 45 anos e faixa 3: 46 a acima de 60 anos. GM: 'gostei muito', G: 'gostei' e I: 'indiferente'. CC: 'certamente compraria', PC: 'provavelmente compraria', TCTN: 'talvez compraria/talvez não', PNC: 'provavelmente não compraria' e CNC: 'certamente não compraria'.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2016).



Em função dos dados obtidos, é possível perceber que o sabor foi a característica mais atrativa dos produtos confeccionados com o resíduo de mamão 'Formosa', sendo que o doce de enrolar teve maior índice de aceitação, seguido pelo doce pastoso, enfatizando uma boa aceitabilidade por parte dos consumidores. De acordo com Teixeira, Meinert e Barbetta (1987) e Souza et al. (2007), para que um produto seja considerado aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que obtenha um índice de aceitabilidade de, no mínimo, 70%. Assim, todos os produtos confeccionados com o resíduo da casca de mamão apresentaram um bom índice de aceitação (acima de 80%), semelhantes aos dados obtidos por Santana e Oliveira (2005), que obtiveram 84,2% de aceitação para o doce cremoso de melancia com coco.

Portanto, o uso de processo artesanal tradicional para a produção de doces cremosos com o resíduo da casca de mamão é viável, pois segundo Santana e Oliveira (2005), esse processo torna-se viável economicamente por ser a matéria-prima culturalmente desperdiçada pela população e indústria, em que o aproveitamento integral dos alimentos é uma nova vertente na área de alimentação que precisa ter maior veiculação, cuja informação ainda é escassa.

## Conclusão

A análise centesimal dos subprodutos obtidos a partir do processamento mínimo de mamão mostrou que a casca *in natura* e o resíduo da casca apresentam teores de fibras e carboidratos superiores aos da polpa, as sementes moídas também apresentam bom conteúdo nutritivo. Em relação à composição centesimal dos doces formulados a partir de resíduo da casca de mamão, o doce de enrolar apresentou valor nutritivo superior ao doce pastoso. De maneira geral, o resíduo da casca constituiu uma boa matéria-prima para a formulação de doces aceitáveis sensorialmente por consumidores. O teste sensorial indicou que os produtos elaborados obtiveram aceitabilidade por parte dos consumidores, em que a avaliação do doce de enrolar foi mais positiva do que o doce pastoso.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do projeto (APQ-00926-09).

## Use of agroindustrial waste from papaya "formosa" minimally processed

### Abstract

What characterizes one of the main obstacles to the development of the minimum processing industry of fruits and vegetables in diverse localities is the significant amount of organic waste generated and the lack of a specific destination for these wastes. So, this work aimed to determine the centesimal composition of by-products obtained from the fruit and offer alternatives to the use of minimally processed papayas wastes. From the skin waste, two sweet formulations were prepared, in which the processed products were evaluated for centesimal composition and sensorial characteristics. In sensorial evaluation, a hedonic scale of 5 points was used for taste and appearance parameters and a structured mixed 5-point scale for the purchase intention parameter. There was participation of 67 untrained consumers for the Sweet 1 and 83 for the Sweet 2. The results showed products

prepared from the skin presented good nutritional content. The sensory test indicated the processed products obtained good acceptability by the consumers, and the sweet roll evaluation was better than the sweet pasty.

**Keywords:** *Carica papaya*. Vegetable residue. Human nutrition. Sensorial analysis.

## Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis**. 19. ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2012. Cap. 37., p.910-929.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 3. ed. São Paulo, SP: Varela, 2003. Cap. 1., p. 20-80.
- BOTELHO, L.; CONCEIÇÃO, A.; CARVALHO, C. V. Caracterização de fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi 'smooth cayenne'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 362-367, mar./abr. 2002. Disponível em: <<http://www.editora.ufla.br/index.php/component/phocadownload/category/45-volume-26-numero-2?download=795:vol26numero2>>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 54, de 12 de novembro de 2012, regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, Poder Executivo, seção 1, p.122-126, 13 de novembro de 2012. Disponível em: <[https://www.jusbrasil.com.br/diarios/43177494/dou-secao-1-13-11-2012-pg-122?ref=previous\\_button](https://www.jusbrasil.com.br/diarios/43177494/dou-secao-1-13-11-2012-pg-122?ref=previous_button)>. Acesso em: 25 ago. 2018.
- CARNEVALI, F. H.; JORGE, N. Caracterização do óleo das sementes de mamão, variedade Formosa, como aproveitamento de resíduos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS E BIODISEL. 2, 2005, Varginha. **Anais...** Varginha: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha. 2005, p. 477-481.
- CHAVES, M. C. V.; GOLVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Sergipe, v. 4, n. 2, p. 1-10, jun./dez. 2004. Disponível em: <<http://joaotavio.com.br/bioterra/workspace/uploads/artigos/acerola-515653c8767a0.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2018.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 2 ed. Curitiba, PR: Champagnat, 2007, p. 141.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **FAO statistics agriculture database**. 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 22 jun. 2017.
- GARMUS, T. T.; BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M.; CÓRDOVA, K. R. V. Elaboração de Biscoitos com Adição de Farinha de Casca de Batata (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 3, n. 2, p. 56-65, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.3895/S1981-36862009000200007>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

- GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo, SP: Livraria Nobel, 1984, Cap.1, p. 13-50.
- GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 825-827, out./dez. 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000400032>>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- GOULART, R. **Tecnologia do doce em pasta**: pastas de frutas e hortaliças. Florianópolis, SC: Boletim informativo da SBCTA/SC (10/11), 1978. 16p.
- INFANTE, J.; SELANI, M. M.; TOLEDO, N. M. V.; SILVEIRA-DINIZ, M. F.; ALENCAR, S. M.; SPOTO, M. H. F. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 24, n. 1, p. 87-91, jan./mar. 2013. Disponível em: <<http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=fcf6b8c2-07b7-4411-9410-13561b0ca58c%40pdc-v-sessmgr05>>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- LIMA, M. I. P. **Dicas especiais de aproveitamentos de alimentos**. Londrina: PML/SMA, 2010. Disponível em: <[http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec\\_agricultura/Apostila%20-%20Aproveitamento.pdf](http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_agricultura/Apostila%20-%20Aproveitamento.pdf)>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- MARTIN, A. J.; NISIDA, A. L. A. C.; MEDINA, J. C.; BALDINI, V. L. S. Processamento: produtos, características e utilização. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (ITAL). **Mamão**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2. ed. Campinas: ITAL, 1989. p. 255-334.
- MARTINS, D. S. **Papaya Brasil**: mercado e inovações tecnológicas para o mamão. Vitória, ES: Incaper, 2005. Cap. 1, p. 13-21.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 1999. Cap. 5, p. 40-55.
- MELO, M. L. S. **Caracterização, estabilidade oxidativa e determinação do potencial energético do biodiesel derivado do mamão (Carica papaya L.): uma fonte não convencional**. 2010. 151 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.
- MIGUEL, A. C. A.; ALBERTINI, S.; BEGIATO, G. F.; DIAS, J. R. P. S.; SPOTO, M. H. F. Aproveitamento agroindustrial de resíduos sólidos provenientes do melão minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p.733-737, jul./set. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000300033>>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- MOURA, A. G. C.; SOUZA, R. L. A.; OLIVEIRA, E. N. A. Elaboração e caracterização físico-química e sensorial da casca de melão e albedo de maracujá cristalizado. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 11, n. 1, p. 77-81, mar. 2017. Disponível em: <<https://zeoserver.pb.gov.br/gestaounificada/gu/emepa/publicacoes/revista-tca-emepa/edicoes/volume-11-2017/v-1-n-1-marco-2017/tca11112.pdf/view>>. Acesso em: 23 ago. 2018.
- NASCIMENTO FILHO, W. B.; FRANCO, C. R. Avaliação do Potencial dos Resíduos Produzidos através do Processamento Agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 1978-1987, jun. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150116>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

OSBORNE, D. R.; VOOGT, P. **The analysis of nutrient in foods**. London, UK: Academic, 1978. p. 47, 156-158.

PÊ, P. R.; GOUVÊIA, J. P. G.; SILVA, F. L. H.; SILVA, D. R. S.; SILVA, G. S.; CASTRO, D. S. Avaliação das características físico-químicas do mamão 'Formosa' in natura, osmodesidratado e seco. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n. 3, p. 17-21, jun. 2015. Disponível em: <<https://zeoserver.pb.gov.br/gestaounificada/gu/emepa/publicacoes/revista-2/volume-09-numero-03-junho-2015/fitotecnia-crop-science/tca9304.pdf/view>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

REIS, R. C.; MINIM, V. P. R. Teste de aceitação. In: MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. p. 66-83.

REETZ, E. R.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; DRUM, M. **Anuário Brasileiro da Fruticultura**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz Ltda, 2015. p.70-73. Disponível em: <<http://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-da-fruticultura-2015/>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

RINALDI, M. M.; LIMA, T. A.; ASCHERI, D. P. R. Caracterização Física de Frutos de Mamão e Química de Cascas e Sementes. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Planaltina, n. 263, p. 1-17, 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75815/1/bolpd-263.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. S. Mamão: fitossanidade. **Embrapa: Comunicação para Transferência de Tecnologia**, Brasília, n. 11, p. 1-91, 2000. Disponível em: <<http://frutvasf.univasf.edu.br/images/mamaofitossanidade.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

RODOLFO JÚNIOR, F.; TORRES, L. B. V.; CAMPOS, V. B.; LIMA, A. R.; OLIVEIRA, A. D.; MOTA, J. K. M. Caracterização físico-química de frutos de mamoeiro comercializados na Empasa de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 53-58, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v9n1p53-58>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

SALGADO, J. M.; DANIELI, F.; REGINATOD'ARCE, M. A. B.; FRIAS, A.; MANSI, D. N. O óleo de abacate (*Persea americana* Mill) como matéria-prima para a indústria alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28 (Supl.), p. 20-26, dez. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000500004>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

SANTANA, A. F.; OLIVEIRA, L. F. Aproveitamento da casca de melancia (*Curcubita citrullus, shrad*) na produção artesanal de doces alternativos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 4, p. 363-368, out./dez. 2005. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/135267944/aproveitamento-da-casca-de-melancia-para-producao-de-doce>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5. ed. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 2017, p.117-156; 291-323.

SOUZA, P. D. J.; NOVELLO, D.; ALMEIDA, J. M.; QUINTILIANO, D. A. Análise sensorial e nutricional de torta salgada elaborada através do aproveitamento alternativo de talos e cascas de hortaliças.

**Alimento e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 1, p. 55-60, jan./mar. 2007. Disponível em: <<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/133/143>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

SOUZA, T. V.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. S.; LEDO, C. A. S. Avaliação física e química de frutos de mamoeiro 'Tainung nº 1', fertirrigado com diferentes combinações de fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 2, p. 179-184, abr./jun. 2009. Disponível em: <[http://ufrb.edu.br/neas/images/Artigos\\_NEAS/2009\\_5.pdf](http://ufrb.edu.br/neas/images/Artigos_NEAS/2009_5.pdf)>. Acesso em: 23 ago. 2018.

STORCK, C. R.; NUNES, G. L.; OLIVEIRA, B. B.; BASSO, C. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 3, p. 537-543, mar. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000300027>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4. ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011, p. 40 e 58.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis, SC: Editora UFSC, 1987. p. 18-102.

VAN de KAMER, J. H. V.; VAN GINKEL, L. V. Rapid determination of crude fiber in cereais. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 29, n. 4, p. 239-251, 1952. Disponível em: <<https://eurekamag.com/research/013/806/013806294.php>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

VILAS BOAS, E. V. B. 1- MCP: um inibidor da ação do etileno. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS: PATOLOGIA PÓS-COLHEITA DE FRUTOS E HORTALIÇAS. 3, 2001, Lavras. **Palestras...** Lavras: UFLA-NEFIT, 2002. p. 24-30.

ZUBIOLLO, C.; RODRIGUES, M. A. S.; OLIVEIRAS, M. C.; AQUINO, L. C. L.; NUNES, M. L.; CASTRO, A. A. Estudo do desenvolvimento de bebida láctea funcional com adição de polpa de mamão e aveia. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 8, n. 3, p. 1-7, 2012. Disponível em: <<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/889>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

#### **Histórico editorial:**

Submetido em: 20/10/2016

Aceito em: 25/07/2017

Como citar:

ABNT

LIMA, P. C. C.; SOUZA, B. S.; SANTINI, A. T.; OLIVEIRA, D. C. de. Aproveitamento agroindustrial de resíduos de mamão 'formosa' minimamente processados. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 3, p. 59-74 jul./set. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181128>

APA

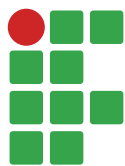
LIMA, P. C. C., SOUZA, B. S., SANTINI, A. T. & OLIVEIRA, D. C. de. (2018). Aproveitamento agroindustrial de resíduos de mamão 'formosa' minimamente processados. *Revista Agrogeoambiental*, 10 (3), 59-74. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181128>

ISO

LIMA, P. C. C.; SOUZA, B. S.; SANTINI, A. T. e OLIVEIRA, D. C. de. Aproveitamento agroindustrial de resíduos de mamão 'formosa' minimamente processados. *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 3, pp. 59-74. Eissn 2316-1817. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181128>

VANCOUVER

Lima PCC, Souza BS, Santini AT, Oliveira DC. Aproveitamento agroindustrial de resíduos de mamão 'formosa' minimamente processados. *Rev agrogeoambiental*. 2018. jul./set.; 10(3): 59-74. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181128>



# Análise da Condutividade Hidráulica Saturada em uma Floresta de Cedro, Madrid, Espanha

Rubens Junqueira<sup>1</sup>

Carlos Rogério de Mello<sup>2</sup>

Alisson Souza de Oliveira<sup>3</sup>

Geovane Junqueira Alves<sup>4</sup>

Uilson Ricardo Venâncio Aires<sup>5</sup>

## Resumo

A condutividade hidráulica saturada do solo ( $K_o$ ) é de grande importância para a hidrologia, especialmente no contexto da infiltração, em que apresenta grande influência nas condições de geração de escoamento superficial direto, tendo como consequências a formação de inundações, erosão do solo e transporte de sedimentos. Além disso, tem papel fundamental na agricultura, por contribuir para infiltração e disponibilização de água para as plantas e também para conservação do solo e para o meio ambiente. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estimar e analisar o comportamento da condutividade hidráulica saturada do solo associada aos seus atributos físicos e declividade e avaliar o escoamento superficial direto, em uma área de floresta de *Cedrus deodara*, em Madrid, na Espanha. Para tanto, foram realizados testes de infiltração com o método dos anéis concêntricos em três pontos na área de estudo, a fim de obter dados que foram ajustados pelo modelo de Horton para estimar a condutividade hidráulica saturada do solo e também foram realizados testes com um simulador de chuvas a fim de determinar o coeficiente de escoamento superficial. Foram retiradas amostras deformadas do solo para determinação de seus atributos físicos. Os resultados mostraram que o modelo de Horton foi adequado para estimar a condutividade hidráulica saturada do solo. Os valores dos atributos físicos do solo e a declividade influenciaram a condutividade hidráulica saturada do solo. A matéria orgânica associada à declividade do solo proporcionaram os maiores valores de  $K_o$ . O escoamento superficial direto apresentou relação inversa à condutividade hidráulica saturada do solo.

**Palavras-chave:** Infiltração. Simulador de chuvas. Anéis concêntricos. Escoamento superficial direto. Equação de Horton.

## Introdução

A água é um dos elementos primordiais para a vida na Terra e está presente em abundância no planeta, sendo que 70 % de sua superfície está coberta por este recurso. Porém, 97,5 % dessa água

1 Universidade Federal de Lavras, estudante de mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas. Lavras, Minas Gerais, Brasil. [rubensjunqueira@live.com](mailto:rubensjunqueira@live.com) Rua Capitão Garibaldi, 181, Lavras – MG

2 Universidade Federal de Lavras. UFLA, professor, [crmello@deg.ufla.br](mailto:crmello@deg.ufla.br)

3 Unincor, professor, [alissonso@hotmail.com](mailto:alissonso@hotmail.com)

4 Universidade Federal de Lavras, estudante de doutorado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, [geovanejunqueira@gmail.com](mailto:geovanejunqueira@gmail.com)

5 Universidade Federal de Viçosa, estudante de doutorado em Engenharia Agrícola, [uvaires@gmail.com](mailto:uvaires@gmail.com)



é salgada, ou seja, imprópria para o consumo humano. Da parcela restante, 68,9% encontra-se em geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas, 29,9 % em águas subterrâneas, 0,9 % armazenada no solo e somente 0,3 % é considerada como de fácil acesso, presente nos lagos e rios. Outro grande problema em relação à água é sua distribuição espacial: um quarto de toda a água do planeta está na América do Sul, onde se encontra apenas 6 % da população mundial (BRASIL, 2016).

Na Espanha, há uma grande variabilidade espacial na disponibilidade hídrica: o Norte é singularizado por temperaturas amenas ao longo do ano e alta precipitação, a Região Central é caracterizada por uma alta amplitude térmica, com inverno frio e verão muito quente e seco. Na região sul da Espanha domina o calor durante a maior parte do ano; combinando isso com a baixa pluviosidade faz com que algumas regiões sofram inclusive com a desertificação de parte do seu solo (ESPANHA, 2008). Neste sentido, torna-se fundamental compreender o ciclo da água e sua relação com o solo.

A condutividade hidráulica ( $K$ ) é uma das propriedades físicas do solo mais importantes na determinação quantitativa e qualitativa do movimento de água no solo e possui grande importância na distribuição de água em seu perfil (MELLO; SILVA, 2013).

A condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_o$ ) está relacionada com a capacidade de infiltração do solo. Por essa razão, trata-se de um atributo hidrológico de grande importância na modelagem chuva-vazão, dimensionamento de sistemas de irrigação e drenagem, transporte de solutos no solo, recarga de aquíferos, escoamento superficial e transporte de sedimentos (ALVARENGA et al., 2011). Porém, apesar da grande importância, sua determinação é bastante complexa e de alto valor econômico.

De acordo com Mello e Silva (2013), diversos fatores exercem influência sobre a condutividade hidráulica saturada do solo, entre eles pode-se destacar: o relevo, atributos físicos do solo (textura, estrutura, matéria orgânica - MO, entre outros), cobertura vegetal e manejo do solo. Esses fatores combinados fazem com que haja uma grande variabilidade de  $K_o$ , mesmo em pontos muito próximos geograficamente, o que dificulta ainda mais sua análise (MARTÍNEZ, 2016).

Um dos principais problemas envolvidos em sua determinação está relacionado à necessidade de amostras indeformadas, que posteriormente devem ser utilizadas em testes em laboratório, que são dispendiosos e trabalhosos. Esses testes, além de demandar um longo tempo, necessitam também de equipamentos específicos e mão de obra especializada. Uma das alternativas para sua determinação é com a utilização de modelos matemáticos. De acordo com Mello e Silva (2013), o modelo de Horton pode ser utilizado para modelar a capacidade de infiltração do solo e, por meio dela, obter de forma aproximada a condutividade hidráulica saturada do solo.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estimar e analisar o comportamento da condutividade hidráulica saturada do solo em uma Floresta de Cedro, cujo solo predominante é o Cambissolo Eutrófico (Inceptisol, Be) e sua capacidade em gerar escoamento superficial direto, associado aos atributos físicos do solo, areia, silte, argila, teor de matéria orgânica e declividade.

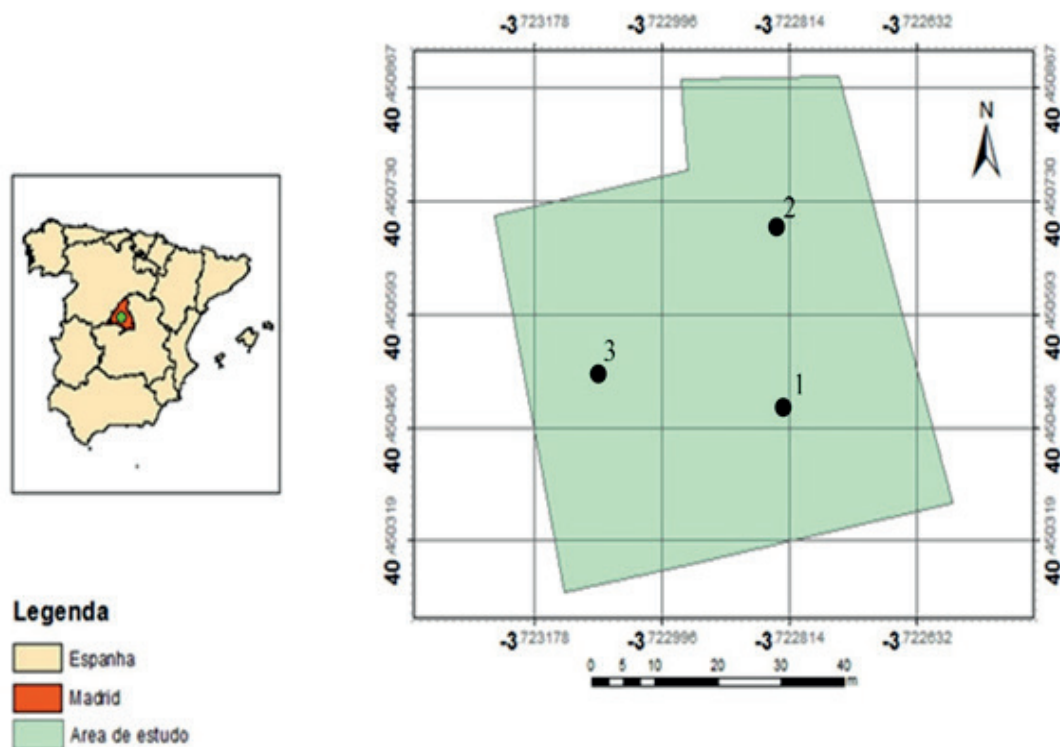
## Metodologia

### Localização

O estudo foi realizado durante os meses de junho e julho de 2016 em uma Floresta de Cedro com área de 2.600 m<sup>2</sup>, localizada na zona noroeste da cidade de Madrid, Espanha (Figura 1). A área em questão encontra-se na Bacia Hidrográfica do Tejo, com área de 80.100 km<sup>2</sup>, sendo uma das cinco comunidades autônomas da Espanha (CUENCA HIDROGÁFICA DEL TAJO, 201-). Parte da

bacia está localizada no território de Portugal, sendo considerada uma bacia internacional, as leis que vigoram em um dos países devem estar de acordo com as leis e exigências do outro.

**Figura 1.** Localização da área de estudo e pontos amostrais.



**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

De acordo com a Agência Estatal de Meteorologia da Espanha (AEMET, 2011) e utilizando a classificação climática de Köppen, o clima da cidade de Madrid é definido como sendo Csa, ou seja, temperado e com verão seco e quente. O período chuvoso se concentra principalmente no inverno, entre os meses de dezembro e março. A média das temperaturas mínima mensal é de 10,1°C, a máxima chega a 19,9 °C e a temperatura média anual é de 15 °C. A precipitação total anual gira em torno de 421 mm. Nota-se ainda a presença de neve na cidade, em cerca de 4 dias ao ano, principalmente no período entre novembro e fevereiro.

O tipo de solo presente na região é o Cambissolo Eutrófico (Inceptisol, Be). Os Cambissolos são solos pouco desenvolvidos e, de acordo com a Soil Taxonomy (USDA, 2006), apresentam horizonte intermediário câmbico (horizonte B incipiente – Bi), o qual é um horizonte estrutural ou de alteração, equivalente a horizonte genético Bw (com exceções) ou que apresenta acumulação de óxidos e hidróxidos de ferro, equivalente ao horizonte genético Bs. Ainda de acordo com a USDA, o elemento qualificador êutico indica saturação por bases maior que 50%.

### Atributos físicos do solo

Para determinação dos atributos físicos do solo (areia, silte, argila e matéria orgânica) foram coletadas amostras deformadas na camada de 0 - 30 cm em três pontos amostrais, definidos con-

forme observação em campo. Essas observações foram feitas com base nas posições das plantas, tomando-se cuidado para que os pontos estivessem entre as plantas a uma distância tal que não houvesse interferência das raízes das plantas e tampouco de seus dosséis. Além disso, os pontos foram tomados em posições nas quais as distâncias entre si fossem próximas umas das outras. A localização de cada ponto está disponível na Tabela 1.

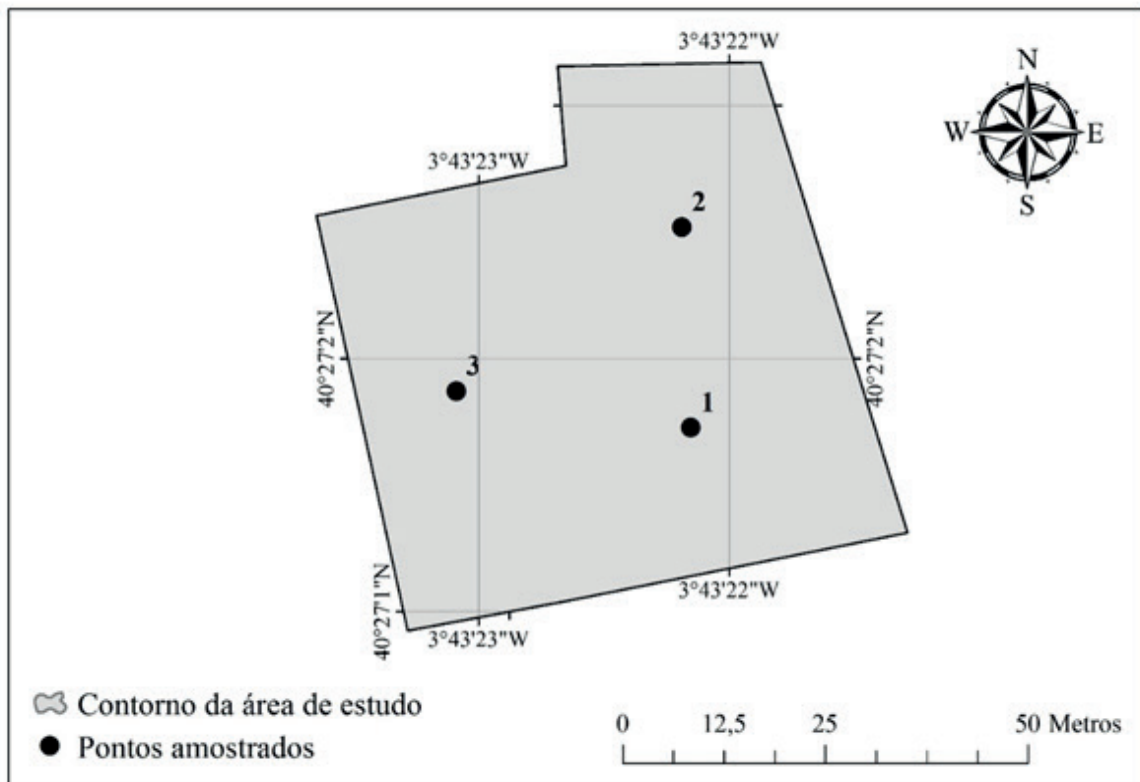
**Tabela 1.** Localização dos pontos de coleta das amostras de solo.

Pontos	Localização	
	Latitude	Longitude
1	40,45048	-3,72282
2	40,45070	-3,72283
3	40,45052	-3,72308

Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Na Figura 2, pode-se visualizar a distribuição dos pontos amostrais na área de estudo.

**Figura 2.** Contorno da área de estudo e localização dos pontos amostrais.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

Em laboratório, foram determinados os atributos físicos do solo, teor de matéria orgânica (MO), porcentagem de terra fina (TF), areia (AR), silte (S) e argila (ARG).

Para a determinação da porcentagem de terra fina, as amostras foram pesadas e colocadas em bandejas juntamente com água e NaOH. Após 24 horas, as partículas se desagregaram e, com ajuda de uma peneira de 2 mm, foram separadas a terra fina das partículas com diâmetro superior a 2 mm. Essas partículas foram secas ao ar e, posteriormente, pesadas em uma balança de alta precisão. Com isso, foi obtida a quantidade de cascalhos presentes no solo.

Na determinação da textura do solo, foi utilizado o método da pipeta, o qual é conhecido por ser de grande precisão, porém demanda um tempo maior. É um método de sedimentação, que utiliza pipeta para coletar uma alíquota à profundidade e em tempo determinados (FERREIRA et al., 2003).

Após a obtenção das frações granulométricas do solo, foi realizada a classificação textural. Para isso, foi utilizada a classificação elaborada pelos Sistemas de Classificação Norte-Americano (USDA) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Frações granulométricas segundo a classificação do USDA.

Frações	Diâmetro (mm)
Areia muito grossa	2 - 1
Areia grossa	1 - 0,5
Areia média	0,5 - 0,25
Areia fina	0,25 - 0,10
Areia muito fina	0,10 - 0,05
Silte	0,05 - 0,002
Argila	< 0,002

**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

Uma vez conhecidas as proporções de areia, silte e argila, foi possível determinar a classe textural do solo, utilizando os diagramas ou triângulos texturais (FERREIRA et al., 2003). Para este trabalho, foi utilizado o triângulo elaborado pela USDA.

A medição da matéria orgânica foi realizada no Laboratório de Geologia e Edafologia, na Escola Técnica Superior de Engenharia de Montanhas, Florestais e Meio Ambiente, que faz parte da Universidade Politécnica de Madrid, sendo que a MO foi obtida por meio de reação de redução-oxidação.

### Teste de Infiltração

Para a realização do teste de infiltração foi empregado o método dos cilindros de anéis concêntricos, cujo teste consiste em medir a infiltração da água no solo utilizando dois anéis, com diâmetros diferentes, cujo centro pertence ao mesmo ponto. A função do anel externo é impedir que a água infiltrada se movimente lateralmente, o que causaria alterações no valor final da infiltração. A medição é realizada no anel central, que possui uma fita métrica em seu interior. O anel externo possui diâmetro de 36 cm e o interno um diâmetro igual a 18 cm, ambos com altura de 18 cm.

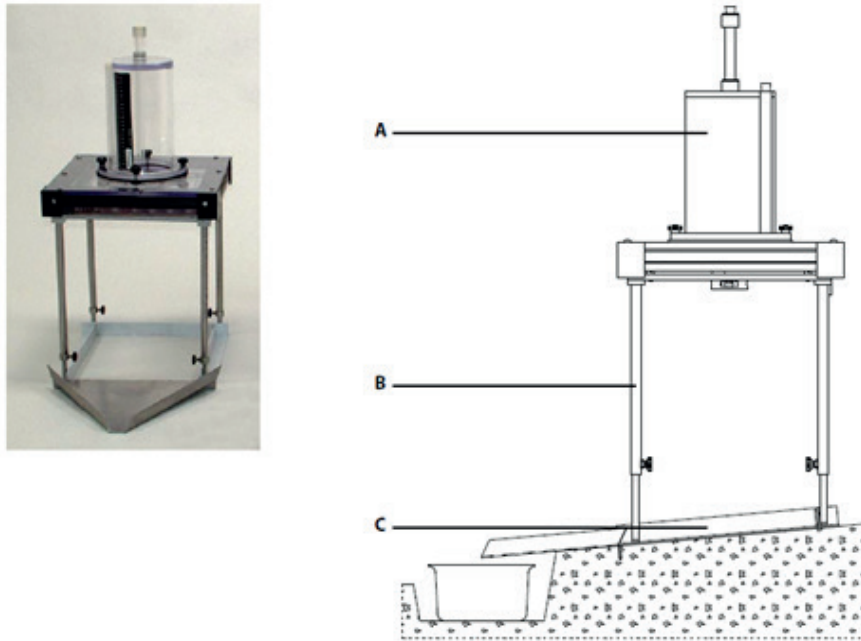
O equipamento foi instalado nivelado e cravado ao solo a uma profundidade de aproximadamente metade de sua altura. A superfície onde se realiza o teste deve sofrer o mínimo possível de alterações, para que as condições de infiltração de água no solo sejam as mais próximas da realidade possível.

No primeiro minuto do teste foram realizadas três leituras, uma a cada 20 segundos. Após, realizou-se a leitura a cada 60 segundos. Cada teste foi realizado de tal forma até que ocorresse uma taxa de infiltração constante, ou seja, a lâmina infiltrada deveria ser a mesma para intervalos de tempos iguais.

### Escoamento superficial direto

Neste estudo foi utilizado o simulador de chuvas fabricado pela empresa holandesa Eijkelkamp Soil & Water (Figura 3). Este aparelho é bastante utilizado em estudos hidrológicos e em projetos de irrigação devido a sua maior proximidade à realidade. O esquema a seguir ilustra como o simulador deve ser instalado em campo:

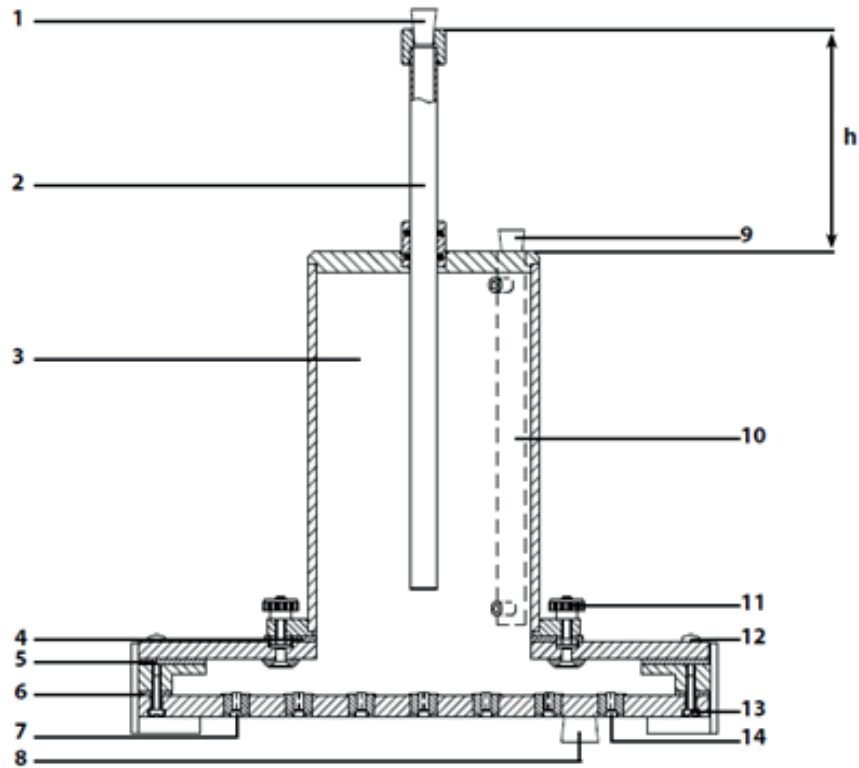
**Figura 3.** Esquema de montagem do simulador de chuvas.



**Fonte:** Eijkelkamp Soil & Water (201-).

Conforme observado na imagem, o simulador de chuvas é composto por três partes essenciais: a primeira é um aspersor (A) com um regulador de pressão embutido para a produção da chuva padrão. A segunda parte é composta por um suporte ajustável (B) para o aspersor, o qual deve estar nivelado. O ajuste de nível é realizado em suas quatro pernas de aço inoxidável, cada uma possuindo uma borboleta que permite realizar o nivelamento de forma individual. Além disso, um nível na parte superior ajuda a encontrar o melhor posicionamento. A terceira parte trata-se de uma moldura de aço inoxidável (C), que é fixado sobre o solo, com o auxílio de quatro grandes pregos, e impede o movimento lateral da água. Uma calha é instalada na mesma linha do solo e é utilizada para conduzir a água e sedimento para um recipiente de coleta.

Um dos componentes mais importantes e mais complexos desse aparelho é o aspersor, o qual pode ser visto com mais detalhes na Figura 4.

**Figura 4.** Aspensor e seus componentes.

**Fonte:** Eijkelkamp Soil & Water (201-).

O aspensor é formado por um reservatório cilíndrico calibrado (3), com uma capacidade de aproximadamente 2.300 mL, o qual está conectado à cabeça de aspersão. O nível d'água pode ser lido no tubo de leitura (10), o qual é fechado por uma tampa (9). A água é liberada através de 49 aspersores (14), igualmente espaçados. A pressão e o diâmetro interior dos aspersores determinam a vazão do aparelho. Essa pressão pode ser alterada subindo ou descendo o tubo de arejamento (2). Para se colocar água dentro do aspensor deve-se colocá-lo virado para baixo e, através da abertura de enchimento, que geralmente está fechada com um tampão (8), colocar a água, após isso deve-se fechar novamente com o tampão e virar o aspensor.

Para conseguir a intensidade de chuva de 6 mm/min foi preciso ajustar o tubo de arejamento (h) com 12 cm de distância entre o reservatório e a parte superior do tubo. Com isso, a intensidade de aplicação foi de aproximadamente 375 mL/min. Cada teste foi realizado quatro vezes, totalizando 20 minutos, sendo que a cada vez que se enchia o aspensor, realizava-se a leitura de escoamento superficial, utilizando provetas graduadas. As leituras eram realizadas a cada minuto, sendo que no primeiro minuto de cada teste foram realizadas leituras a cada 20 segundos.



**Figura 5.** Simulador de chuvas em funcionamento em campo.



**Fonte:** Elaboração dos autores (2016).

Após a realização dos testes com o aparelho, foi realizado o cálculo do coeficiente de escoamento superficial, que é resultado do volume de água escoado sobre o solo em relação ao total de água precipitada.

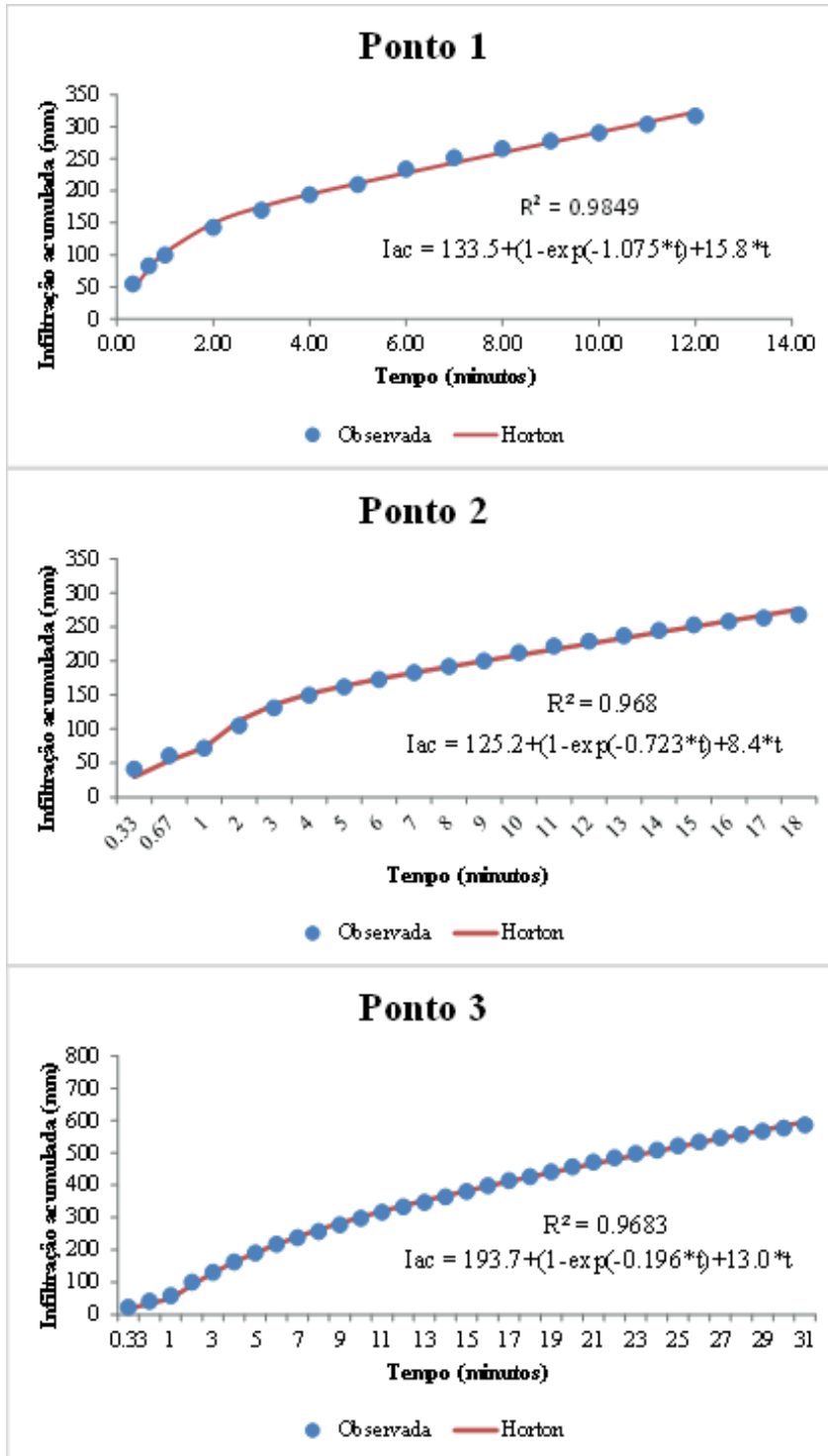
## Resultados e discussão

### Condutividade hidráulica

Os resultados do ajuste do modelo de Horton aos dados do teste de infiltração podem ser visualizados na Figura 6.



Figura 6. Infiltração acumulada nos três pontos amostrados.

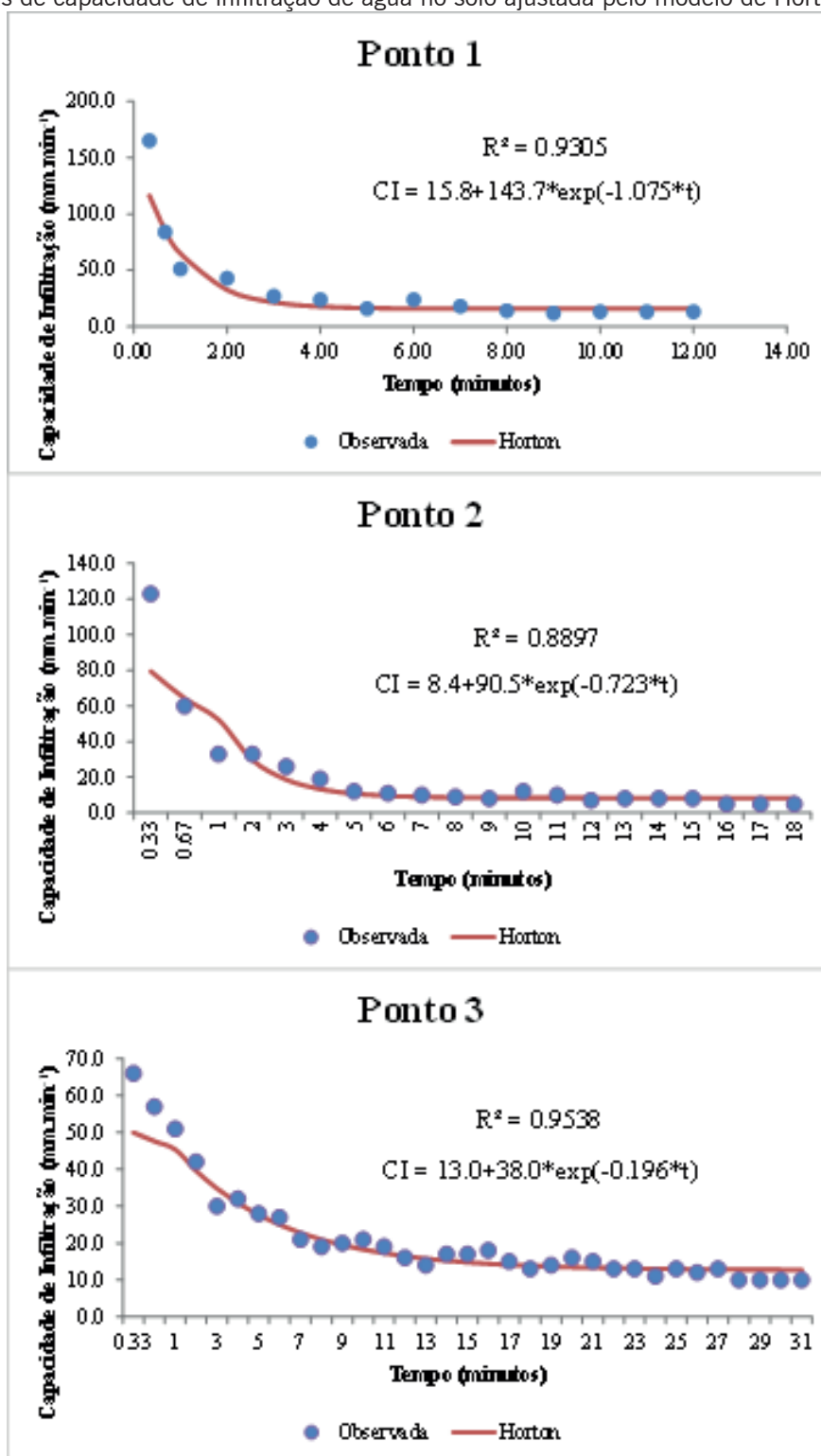


Fonte: Elaboração dos autores (2017).

É possível perceber que o modelo de Horton proporcionou um bom ajuste aos dados, visto que em todos os pontos apresentou coeficiente de determinação ( $R^2$ ) acima de 96%, o que demonstra a adequabilidade desse modelo para a curva de infiltração acumulada.

A partir dos dados de infiltração acumulada, obtiveram-se as curvas de capacidade de infiltração, que podem ser visualizadas na Figura 7.

Figura 7. Curvas de capacidade de infiltração de água no solo ajustada pelo modelo de Horton.



Fonte: Elaboração dos autores (2017).

O modelo de Horton subestimou a capacidade de infiltração na fase inicial, conforme também relataram Sobrinho et al. (2003), Tomasini et al. (2010) e Santos et al. (2016) em seus trabalhos. Contudo, conseguiu modelar de maneira satisfatória o restante da curva, o que pode ser comprovado pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) superior a 89 %.

Ainda de acordo com Santos et al. (2016), em trabalho realizado em um Argissolo Vermelho Amarelo, o Modelo de Horton foi o que obteve melhor ajuste da capacidade de infiltração, quando comparado aos modelos de Kostikov, Kostikov-Lewis e Philip, com valores muito próximos aos obtidos em campo.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores de condutividade hidráulica saturada do solo estimadas com base no Modelo de Horton.

**Tabela 4.** Condutividade hidráulica saturada do solo com base no Modelo de Horton.

Ponto	Condutividade hidráulica saturada (cm.h <sup>-1</sup> )
1	94,7
2	50,1
3	76,2

**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação (2011), elaborado pela Embrapa Solos/CODEVASF, todos os pontos possuem condutividade hidráulica muito rápida (maior que 12 cm.h<sup>-1</sup>).

Os valores de condutividade hidráulica saturada podem ser explicados com base nos atributos físicos do solo e declividade na área de estudo (Tabela 5).

**Tabela 5.** Atributos físicos do solo, areia, silte, argila, matéria orgânica e declividade.

Pontos	% Areia	% Silte	% Argila	Classe Textural	MO (%)	Declividade (%)
1	50,5	30,5	19,0	Franca	2,92	7,27
2	58,0	25,0	17,0	Franca-arenosa	1,82	22,18
3	57,0	27,0	16,0	Franca-arenosa	1,85	9,09

**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

Segundo Carvalho (2002), a textura é uma das características mais importantes entre os atributos do solo que causam interferência na condutividade hidráulica, devido à sua grande correlação com outros atributos ou com fenômenos que ocorrem no solo.

O ponto 1 foi o que apresentou maior valor de  $K_0$ , devido aos altos valores de matéria orgânica e de silte, embora apresente menor teor de areia e maior teor de argila. Os maiores teores de MO corroboram para um solo mais bem estruturado que contribuiu para o processo de infiltração e, conseqüentemente, maior valor de  $K_0$ . O ponto 3, apesar de possuir valores de matéria orgânica ligeiramente superior aos do ponto 2 e mesma classe textural, foi o que apresentou o segundo maior valor de condutividade hidráulica. Por fim, o ponto 2 apresentou menor condutividade hidráulica devido ao seu menor teor de matéria orgânica.

O teor de matéria orgânica no solo é considerado moderado para a região. A distribuição de MO é desigual ao longo do solo, podendo chegar a uma variação de mais de 60%, comparando o ponto 1 em relação ao ponto 2. Essa variação pode estar relacionada ao teor de argila, o qual é responsável pela maior humificação (enriquecimento de matéria orgânica), que é maior no ponto 1. A matéria orgânica possui relação direta com a condutividade hidráulica saturada do solo, o que pode estar relacionado ao fato de que o teor de MO favorece a diminuição da densidade do solo pela sua maior estruturação (ASSIS; LANÇAS, 2005).

A declividade do solo apresentou relação inversa com a condutividade hidráulica saturada do solo, ou seja, a água tende a se movimentar com maior facilidade em terrenos mais planos. Em trabalho realizado em Cordoba, região sul da Espanha, Polo, Lafuente e Giráçdez (2003) encontraram valores de condutividade hidráulica saturada muito superiores nas regiões planas, quando comparadas a regiões com maiores declividades.

Alvarenga et al. (2011) relataram em trabalho realizado em solo Cambissolo a alta variabilidade espacial da condutividade hidráulica saturada do solo a pequenas distâncias, principalmente quando associada às inúmeras combinações de classes, relevo, ocupação e manejo do solo. Em trabalho semelhante realizado no estado da Bahia, Fontana et al. (2016) demonstraram a alta variabilidade de  $K_0$  não só a pequenas distâncias, como também a diferentes profundidades.

### Escoamento superficial direto

O escoamento superficial direto foi avaliado com base no coeficiente de escoamento. Na Tabela 6 podem-se visualizar os valores do coeficiente de escoamento superficial obtido para os três pontos estudados.

**Tabela 6.** Coeficiente de escoamento superficial direto para os pontos estudados.

Pontos	Coef. escoamento superficial (%)
1	1,13
2	26,76
3	3,26

**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

Quando se analisa o coeficiente de escoamento, fica evidente a relação inversa à condutividade hidráulica saturada, ou seja, o ponto 1 que apresentou o maior valor de  $K_0$  ( $94,7 \text{ cm.h}^{-1}$ ) foi o que apresentou o menor coeficiente de escoamento (1,13%), seguido do ponto 3 (segundo maior valor de  $K_0$   $76,2 \text{ cm.h}^{-1}$ ) apresentando o segundo menor valor do coeficiente de escoamento (3,26%). Finalmente, o ponto 2 que apresentou o menor valor de  $K_0$  ( $50,1 \text{ cm.h}^{-1}$ ) foi o que apresentou o maior valor de coeficiente de escoamento. Fica evidente a relação inversa entre a condutividade hidráulica saturada e o escoamento superficial direto, o que confirma a capacidade do Modelo de Horton em estimar a condutividade hidráulica saturada do solo.

Os valores do coeficiente de escoamento superficial direto são justificados pelos valores dos atributos físicos do solo e declividade.

## Conclusões

- O Modelo Horton mostrou-se adequado para estimar a condutividade hidráulica saturada do solo.
- A condutividade hidráulica saturada, associada ao Cambissolo Eutrófico, em uma floresta de cedro apresentou valores entre 50 e 95 cm.h<sup>-1</sup>
- O coeficiente de escoamento superficial direto variou de 1 a 27%.

## Analysis of Saturated Hydraulic Conductivity in a Cedar Forest, Madrid, Spain

### Abstract

Soil saturated hydraulic conductivity ( $K_0$ ) is of great importance for hydrology, especially for the soil water infiltration process, since it influences considerably the conditions of direct runoff generation, causing floods, soil erosion and transportation of sediments. In addition, it plays a fundamental role in agriculture, as it contributes to the infiltration and availability of water for plants and to soil and environment preservation. Therefore, the aim of this work was to estimate and analyze the behavior of soil saturated hydraulic conductivity, associated to soil physical attributes and site slope, besides evaluating the direct runoff in a forest site of *Cedrus deodara*, in Madrid, Spain. We performed soil infiltration test using concentric rings in three points of the study area in order to obtain data, which was adjusted by the Horton Model to estimate soil stable water infiltration ( $K_0$ ). A rainfall simulation test to determine the direct runoff coefficient was also carried out. In order to set soil physical attributes, we collected deformed soil samples from the site. The results showed the Horton model is adequate to estimate  $K_0$ ; the values of soil physical attributes and site slope have influenced  $K_0$ ; the organic matter associated to site slope provided the highest values for  $K_0$ , and the direct runoff presented an inverse relation to  $K_0$ .

**Keywords:** Water Infiltration. Rainfall simulator. Concentric rings. Direct runoff. Horton Model.

### Referências

- AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGIA - AEMET (Espanha). **Atlas Climatológico Ibérico**. 2011. Disponível em: <[http://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos\\_en\\_linea/publicaciones\\_y\\_estudios/publicaciones/Atlas-climatologico/Atlas.pdf](http://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/Atlas-climatologico/Atlas.pdf)>. Acesso em: 19 set. 2016.
- ALVARENGA, C. C.; MELLO, C. R.; MELLO, J. M.; VIOLA, M. R. Continuidade espacial da condutividade hidráulica saturada do solo na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1745-1757, 2011. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/1802/180221126029/>>. Acesso em: 19 dez. 2016.
- ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F. de; GONÇALVES, M. C.; CARVALHO, D. F. de. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 191-196. 2003.

ASSIS, R. L.; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 515-522, 2005. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbcs/v29n4/26100.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Água, um recurso cada vez mais ameaçado**. Disponível em: < [http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr\\_proecotur\\_publicacao/140\\_publicacao09062009025910.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf)>. Acesso em: 19 set. 2016. 2016.

CARVALHO, L. A. **Condutividade hidráulica do solo no campo**: as simplificações do método do perfil instantâneo. Data de defesa: 23 jan. 2013. 98 f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2002.

CUENCA HIDROGRÁFICA DEL TAJO. **Ámbito Territorial**. Disponível em: < <http://www.chtajo.es/DemarcaTajo/AmbitoTerritorial/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 19 set. 2016. 201?.

ESPAÑA. Ministério de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. **Programa de Acción Nacional Contra la Desertificación**. Disponível em: < [http://www.magrama.gob.es/es/desarrollorural/temas/politicaforestal/Resumen\\_PAND\\_\\_agosto\\_2008\\_tcm7-19665.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/desarrollorural/temas/politicaforestal/Resumen_PAND__agosto_2008_tcm7-19665.pdf)> Acesso em: 28 set. 2016. 2008.

FERREIRA, M. M.; DIAS JÚNIOR, M. S.; MESQUITA, M. G. B. F.; ALVES, E. A. B. F. **Física do Solo, Textura**. Lavras: Editora UFLA, 2003. cap. 2 p 7-17. (Texto Acadêmico).

FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G.; BALIEIRO, F. D. C.; MOURA, T. P. A. D.; MENEZES, A. R. D.; SANTANA, C. I. Characteristics and attributes of Oxisols under different land uses in the western region of the state of Bahia, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n. 51, v. 9, 1457-1465. 2016.

MARTÍNEZ, C. M. **Projeto e Construção de um Permeâmetro de Parede Flexível e Carga Constante**. 2016. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia**: princípios e aplicações em sistemas agrícolas. Hidrologia do Solo. Lavras: UFLA, Editora UFLA, 2013. cap. 6 p. 291-342.

POLO, M. J.; LAFUENTE, P.; GIRÁÇDEZ, J. V. Variabilidad espacial de la conductividad hidráulica saturada en suelos de olivar y su influencia en el balance hidrológico global. **Estudios de la zona no saturada del suelo**. v. 6, p. 209-213. 2003.

SANTOS, I. L. N.; GOMES FILHO, R. R.; CARVALHO, C. M.; SANTOS, K. V.; OLIVEIRA, D. T. B.; SOUZA, L. G. Velocidade de infiltração da água no solo cultivado por milho doce com cobertura de Crotalaria. 2016. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 5, 925-934. 2016. Disponível em: < [https://www.researchgate.net/profile/Clayton\\_Carvalho/publication/309643210\\_VELOCIDVEL\\_DE\\_INFILTRACAO\\_DA\\_AGUA\\_NO\\_SOLO\\_CULTIVADO\\_POR\\_MILHO\\_DOCD\\_COM\\_COBERTURA\\_DE\\_CROTALARIA/links/581b4cb408aea429b28fc0f1/VELOCIVEL-DE-INFILTRACAO-DA-AGUA-NO-SOLO-CULTIVADO-POR-MILHO-DOCE-COM-COBERTURA-DE-CROTALARIA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Clayton_Carvalho/publication/309643210_VELOCIDVEL_DE_INFILTRACAO_DA_AGUA_NO_SOLO_CULTIVADO_POR_MILHO_DOCD_COM_COBERTURA_DE_CROTALARIA/links/581b4cb408aea429b28fc0f1/VELOCIVEL-DE-INFILTRACAO-DA-AGUA-NO-SOLO-CULTIVADO-POR-MILHO-DOCE-COM-COBERTURA-DE-CROTALARIA.pdf)>. Acesso em: 18 dez. 2016.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys of soil taxonomy**. Tenth Edition. Washington, DC: USDA-NCRS, 2006.

TOMASINI, B. A.; VITORINO, A. C. T.; GARBIATE, M. V SOUZA, C. M. A.; 4, TEODORICO A. T. S. Infiltração de água no solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar sob diferentes sistemas de colheita e modelos de ajustes de equações de infiltração. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 6, p. 1060-1070. 2010. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162010000600007&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000600007&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 17 nov. 2016.

### Histórico editorial:

Submetido em: 13/03/2017

Aceito em: 27/07/2017

#### Como citar:

##### ABNT

JUNQUEIRA, R.; MELLO, C. R. de; OLIVEIRA, A. S. de; ALVES, G. J.; AIRES, U. R. V. Análise da Condutividade Hidráulica Saturada em uma Floresta de Cedro, Madrid, Espanha. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 3, p. 75-89, jul./set. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181185>

##### APA

JUNQUEIRA, R., MELLO, C. R. de, OLIVEIRA, A. S. de, ALVES, G. J. & AIRES, U. R. V. (2018). Análise da Condutividade Hidráulica Saturada em uma Floresta de Cedro, Madrid, Espanha. *Revista Agrogeoambiental*, 10 (3), 75-89. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181185>

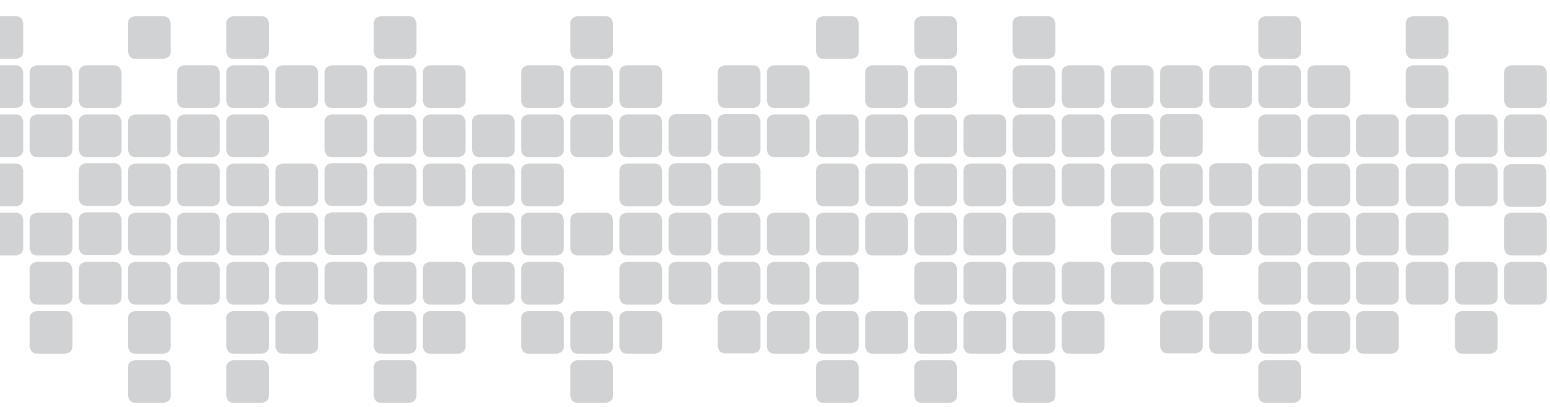
##### ISO

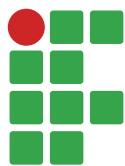
JUNQUEIRA, R.; MELLO, C. R. de; OLIVEIRA, A. S. de; ALVES, G. J. e AIRES, U. R. V. Análise da Condutividade Hidráulica Saturada em uma Floresta de Cedro, Madrid, Espanha. *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 3, pp. 75-89. Eissn 2316-1817. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181185>

##### VANCOUVER

Junqueira R, Mello CR de, Oliveira AS de, Alves GJ, Aires URV. Análise da Condutividade Hidráulica Saturada em uma Floresta de Cedro, Madrid, Espanha. *Rev agrogeoambiental*. 2018. jul./set.; 10(3): 75-89. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181185>







# Modelos não lineares ajustados à produção acumulada de biogás provenientes de camas sobrepostas de suínos

Sílvio de Castro Silveira<sup>1</sup>

Joel Augusto Muniz<sup>2</sup>

Francine Aparecida Sousa<sup>3</sup>

Alessandro Torres Campos<sup>4</sup>

## Resumo

Enfrentam-se atualmente diversos problemas com a escassez de chuvas, um deles é a baixa produção de energia hidrelétrica e a consequente elevação das tarifas de energia. Os criadores são diretamente prejudicados, visto que essa variação incide em elevação nos custos de produção. Uma saída para os criadores é aproveitar os resíduos provenientes das atividades de plantio e criação para a produção do biogás por meio de biodigestores e geração de energia. Além do benefício do biogás e da energia, a utilização dos resíduos nos biodigestores promove o saneamento rural e produz biofertilizante de alta qualidade. Este trabalho trata-se de um estudo de regressão com os modelos não lineares sigmoide de Boltzmann, Gompertz e Logístico utilizando-se de dados de um projeto desenvolvido por Sousa (2014), com o objetivo de verificar qual modelo de regressão não linear melhor se ajusta à produção acumulada de biogás de biodigestores, modelo batelada, com material diluído de cama de suíno preparada com maravalha e bagaço de cana e somente com maravalha. Verificou-se que o modelo não linear sigmoide de Boltzmann é superior aos demais modelos e por consequência mais eficiente para o dimensionamento da produção de biogás e energia elétrica.

**Palavras-chave:** Energia elétrica. Biodigestores. Sigmoide de Boltzmann.

## Introdução

Em períodos de escassez de chuvas, tem-se como consequência, entre outras, a redução na produção de energia hidrelétrica. Para suprir essa redução de energia, aumenta-se a geração desta por meio de termoelétricas, o que acarreta um aumento nas tarifas de energia, além de promover aumento da poluição, pois para o seu funcionamento depende-se da queima de gás, biomassa, óleo diesel e carvão mineral.

Para os criadores serem menos prejudicados, uma alternativa é a produção de energia elétrica utilizando biogás proveniente de biodigestores. Os biodigestores são equipamentos utilizados para promover a biodigestão anaeróbia, isto é, promover a reação entre a matéria orgânica (dejetos de

1 Universidade Federal de Lavras/UFLA, doutor em Estatística e Experimentação Agropecuária. [silviodecs@gmail.com](mailto:silviodecs@gmail.com). Departamento de Estatística, caixa postal 37, Campus Universitário da UFLA, Lavras, Minas Gerais, CEP 37200-000.

2 Universidade Federal de Lavras/UFLA, professor titular. [joamuniz@des.ufla.br](mailto:joamuniz@des.ufla.br).

3 Prefeitura Municipal de Aracruz/Secretaria Municipal de Agricultura, gerente do Serviço de Inspeção Municipal. [fsousa@aracruz.es.gov.br](mailto:fsousa@aracruz.es.gov.br).

4 Universidade Federal de Lavras/UFLA, professor associado. [campos@deg.ufla.br](mailto:campos@deg.ufla.br).

suínos, bovinos e aves entre outros) e microrganismos anaeróbios, resultando na produção de biogás e biofertilizante.

O biogás é constituído por uma mistura gasosa combustível, composta principalmente por dois gases, o metano ( $\text{CH}_4$ ), que representa normalmente de 60 a 70% da mistura, e o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que representa de 30 a 40% (COLDEBELLA et al., 2008).

Estudos têm demonstrado que a produção de energia elétrica por meio do biogás é economicamente viável, principalmente quando esta é utilizada para substituir ou mesmo para reduzir a aquisição de energia elétrica da concessionária (AVACI et al., 2013; MARTINS; OLIVEIRA, 2011).

Além de produzir energia com menor custo, a produção do biogás contribui para o saneamento rural. De acordo com Queiroz (2003), os resíduos, se despejados de forma inadequada, resultam em uma das principais formas de contaminação do meio ambiente, além de propagarem doenças infecciosas. Nishimura (2009) destacou ainda a contaminação dos solos e das águas subterrâneas e de superfície.

Os benefícios da produção de biogás também são destacados por Avaci et al. (2013), que mostraram que uma parte significativa dos custos de produção de energia pode ser compensada com a produção de biofertilizante para a produção de grãos e pastagens, o que torna a produção do biogás ainda mais competitiva em tempos de alta de insumos agrícolas. Segundo Luna et al. (2009), o biofertilizante tem sido utilizado na agricultura em substituição aos fertilizantes minerais.

É importante estabelecer a relação entre a quantidade de resíduos e o volume de biogás produzido da maneira mais verossímil possível, pois ela servirá de base para o correto dimensionamento de todo o sistema de geração de energia.

Trabalhos anteriores utilizaram modelos não lineares para descrever essa relação em diferentes situações, Queiroz (2003) utilizou modelos não lineares para ajustar o volume de biogás produzido com dejetos bovinos. Florentino, Biscaro e Passos (2010) estudaram diversos modelos de regressão não lineares na avaliação da atividade metanogênica específica de lodos anaeróbios. Lopes (2007) também utilizou modelos não lineares para avaliar diferentes composições de material de abastecimento de uma rede de biodigestores.

O uso de modelos não lineares para ajuste de curvas vem sendo largamente ampliado, pois esses modelos podem ser utilizados nas mais variadas áreas do conhecimento, devido ao fato de apresentarem boa qualidade de ajuste com uma quantidade pequena de parâmetros com interpretações práticas. Corrêa Filho et al. (2015) utilizaram modelos não lineares na descrição da cinética de secagem do figo em diferentes temperaturas. Carneiro et al. (2014) avaliaram modelos de crescimento de bovinos da raça tabapuã criados no nordeste do Brasil e obtiveram resultados satisfatórios.

Diversos trabalhos de modelos não lineares também avaliaram a dependência residual (PRADO et al., 2013a; SOUZA et al., 2014) e mostraram que modelos não lineares com estrutura de erros autorregressivos apresentam melhor qualidade de ajuste e estimam os parâmetros dos modelos mais próximos da realidade. Prado et al. (2013a) ainda afirmaram que, em casos de séries cronológicas de dados, a não consideração da correlação residual pode levar à obtenção de estimativas viesadas e à subestimação das variâncias dos parâmetros.

A modelagem da produção de biogás, por meio de modelos de regressão não lineares, com o uso de parâmetros autorregressivos, ainda não foi verificada na literatura para as condições deste trabalho.

Pela definição, modelo não linear é aquele em que pelo menos uma das derivadas do modelo em relação aos parâmetros depende dos parâmetros. Logo, não é possível isolar os parâmetros e

obter uma solução explícita para o sistema. Para resolvê-lo, recorre-se ao uso de métodos numéricos iterativos (DRAPER; SMITH, 1998).

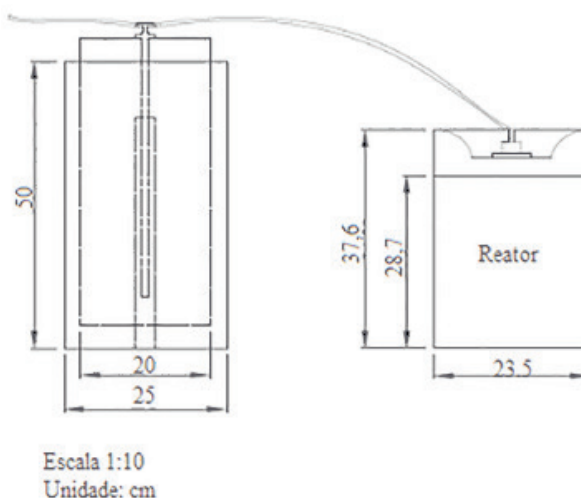
O presente trabalho tem por objetivo modelar a produção de biogás acumulada, utilizando-se de modelos de regressão não linear no processo de biodigestão anaeróbia, a partir de cama sobreposta de suínos diluída em água e selecionar o modelo de regressão que melhor se ajusta aos dados.

## Material e métodos

Os dados são provenientes de um projeto desenvolvido por Sousa (2014) no Laboratório de Construções Rurais, Ambiente e Tratamento de Resíduos do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (DEG/UFLA), no município de Lavras (MG).

Foram utilizados doze protótipos de biodigestores laboratoriais, fabricados em recipientes plásticos retangulares, de base 23,5 x 33,0 cm e altura de 37,6 cm, com um volume total de 22,3 litros, de acordo com a fabricante Emplas, sendo o volume utilizado de 20 litros. Esses biodigestores são conectados por um tubo de plástico cristal a gasômetros independentes confeccionados em tubos de policloreto de vinila (PVC) de 25 cm de diâmetro, encaixados em tubos de PVC de 20 cm de diâmetro, com capacidade útil de armazenamento de 15 litros cada, com finalidade de armazenar e mensurar o biogás produzido conforme ilustrado na Figura 1.

**Figura 1.** Protótipo de biodigestor modelo batelada utilizado no processo de biodigestão anaeróbia e produção de biogás.



**Fonte:** Sousa (2014).

Os ensaios conduzidos nesses biodigestores foram de batelada com abastecimento único por período e coleta diária de gás. Os materiais de abastecimento foram dejetos de suínos compostos com as seguintes camas: cama de maravalha + bagaço de cana (M+B) e cama de maravalha (MAR), ambas provenientes de instalação em fase de terminação. Para uso no biodigestor, a cama foi diluída na proporção de 4 kg de dejetos, 2 kg de inóculo de dejetos de suíno e 14 kg de água com tempo de retenção hidráulica de 60 dias.

Foi quantificada a produção de biogás a fim de verificar o potencial energético da cama sobreposta de suínos. Tal quantificação foi feita pela medição do deslocamento vertical do gasômetro. O volume do biogás foi determinado pela multiplicação da altura de deslocamento do gasômetro pela área de sua secção transversal interna. Após cada leitura, os gasômetros foram esvaziados até atingirem o zero da escala. A correção do volume de biogás para as condições de 101325 Pa e 293,15 K foi efetuada com base no trabalho de Caetano (1985), utilizando a equação 1:

$$(V_0 \times P_0) / T_0 = (V_1 \times P_1) / T_1 \quad (1)$$

em que:

$V_0$  – volume de biogás corrigido ( $m^3$ );

$P_0$  – pressão corrigida do biogás (101599,93 Pa);

$T_0$  – temperatura corrigida do biogás (293,15 K);

$V_1$  – volume do gás no gasômetro ( $m^3$ );

$P_1$  – pressão do biogás no instante da leitura (91239,99 Pa);

$T_1$  – temperatura do biogás, em K, no instante da leitura.

As análises estatísticas consistiram de um estudo de regressão com os modelos não lineares sigmoide de Boltzmann, Gompertz e Logístico, cujas equações são apresentadas na Tabela 1. Os valores de produção de biogás estão apresentados por kg de substrato.

**Tabela 1.** Equações dos modelos não lineares ajustados à produção acumulada de biogás.

Modelo	Equação
Sigmoide de Boltzmann	$Y_i = AI + (AS - AI) / (1 + \exp((PI - x) / Inc)) + u_i$
Gompertz	$Y_i = AS \cdot (\exp(-\exp(-Inc \cdot (x - PI)))) + u_i$
Logístico	$Y_i = AS / (1 + \exp(-Inc \cdot (x - PI))) + u_i$

**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

em que:

$$u_i = \phi^1 u_{i-1} + \dots + \phi_p u_{i-p} + \varepsilon_i$$

$$i = 1, \dots, n$$

$n$  o número de medições do biogás acumulado;

$u_i$  é o resíduo do ajuste na  $i$ -ésima medição;

$\phi_1$  é o parâmetro autorregressivo de ordem 1 AR(1);

$u_{i-1}$  é o resíduo do ajuste no tempo imediatamente anterior à  $i$ -ésima medição;

$\phi_p$  é o parâmetro autorregressivo de ordem  $p$ ;

$u_{i-p}$  é o resíduo do ajuste em  $p$  tempos anterior à  $i$ -ésima medição;

$\varepsilon_i$  é o ruído branco com distribuição normal.

Nas equações apresentadas na Tabela 1,  $Y_i$  é o volume de biogás acumulado na semana  $i$ ,  $AI$  = Assíntota Inferior, que indica o volume de biogás no momento da instalação,  $AS$  = Assíntota Superior, refere-se ao volume máximo de biogás acumulado pelo sistema,  $PI$  = Ponto de Inflexão, momento no qual ocorre a máxima liberação de biogás e  $Inc$  = Inclinação da curva no  $PI$ , indicando a máxima

liberação de biogás,  $x$  = a variável semana. Para a estrutura de erros independentes tem-se que os parâmetros são nulos, então  $u_i = \varepsilon_i$  (PRADO et al., 2013b).

A normalidade dos resíduos foi avaliada por meio do teste de hipótese de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965), em que a hipótese nula é de que os resíduos seguem uma distribuição normal. Para a variância residual foi utilizado o teste de Breusch-Pagan (BREUSCH; PAGAN, 1979), cuja hipótese nula é de que os resíduos são homocedásticos e a hipótese de autocorrelação residual de primeira ordem foi avaliada pelo teste de Durbin-Watson (DURBIN; WATSON, 1950), a hipótese nula para este teste é a de independência dos resíduos.

A seleção do modelo mais adequado para explicar o acúmulo de Biogás nas semanas do estudo foi feita com base na precisão dos ajustes e obedeceu aos critérios que são mais utilizados na área para comparar modelos com diferentes números de parâmetros (FERNANDES et al., 2014; PRADO et al, 2013a): desvio-padrão residual (DPR), sendo mais eficiente o modelo que apresentar menor valor de DPR, critério de informação de Akaike (AIC), o modelo com menor valor de AIC é mais eficiente, e o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), o modelo com maior valor para  $R^2_{aj}$  ajusta melhor os dados.

Os parâmetros dos modelos foram obtidos por meio da função “gnls” do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014), que usa o método de mínimos quadrados generalizados e o algoritmo de Gauss-Newton. Assim como a estimação dos parâmetros, as análises de resíduos, os avaliadores de qualidade e todos os gráficos também foram implementados no software R.

## Resultados e discussão

Os resultados da análise dos resíduos (Tabela 2) são expressos pela significância dos testes de Shapiro-Wilk, Breusch-Pagan e Durbin-Watson. Conforme indicaram os resultados, os pressupostos de normalidade residual e de homogeneidade de variâncias se verificaram para todos os modelos ( $p > 0,05$ ). No caso da independência dos resíduos, o teste de Durbin-Watson identificou a presença de autocorrelação para o modelo Gompertz nos dois tratamentos e para o modelo Logístico no tratamento M+B, portanto, na sequência dos resultados serão considerados os modelos com parâmetro AR(1) apenas quando significativos.

**Tabela 2.** Valores p das estatísticas dos testes Shapiro-Wilk, Breusch-Pagan e Durbin-Watson dos resíduos dos modelos sigmoide de Boltzmann, Gompertz, Logístico para os tratamentos maravalha + bagaço de cana (M+B) e cama de maravalha (MAR).

Modelo	M+B			MAR		
	Shapiro-Wilk	Breusch-Pagan	Durbin-Watson	Shapiro-Wilk	Breusch-Pagan	Durbin-Watson
Sigmoide de Boltzmann	0,17	0,26	0,31	0,31	0,36	0,14
Gompertz	0,54	0,36	<0,01	0,19	0,21	<0,01
Logístico	0,87	0,21	0,03	0,46	0,06	0,07

**Fonte:** Elaboração dos autores (2017)

Esses resultados concordam com os estudos de Prado et al. (2013a) e Fernandes et al. (2014) que encontraram estruturas de erros dependentes em ajuste dos modelos Gompertz e Logístico a da-

dos obtidos por meio de medidas ao longo do tempo. Para o modelo sigmoide de Boltzmann, os erros foram considerados independentes nos dois tratamentos.

As estimativas dos parâmetros dos modelos ajustados para ambos os tratamentos (Tabela 3) não são muito próximas, isto é, existem diferenças entre os modelos apresentados para um mesmo tratamento.

**Tabela 3.** Estimativas dos parâmetros com erro padrão para o ajuste do modelo sigmoide de Boltzmann, Gompertz e Logístico com os tratamentos maravalha + bagaço de cana (M+B) e cama de maravalha (MAR).

Tratamento	Modelo	Parâmetros				
		AI	AS	Inc	PI	$\phi$
M+B	Sigmoide de Boltzmann	8,12±2,51	129,53±2,44	1,42±0,10	4,95±0,10	
	Logístico AR(1)	-	133,88±3,79	0,58±0,03	4,82±0,16	0,21±0,39
	Gompertz AR(1)	-	128,70±13,66	0,45±0,07	4,51±0,32	0,94±0,10
MAR	Sigmoide de Boltzmann	4,12±1,63	43,62±1,06	1,33±0,17	4,21±0,17	
	Logístico	-	45,05±1,33	0,58±0,04	3,93±0,17	
	Gompertz AR(1)	-	49,35±4,01	0,32±0,05	3,09±0,37	0,37±0,38

**Fonte:** Elaboração dos autores (2017)

O parâmetro AS é o valor de maior importância, pois se refere ao volume máximo de biogás produzido pelo sistema; por meio dele é que poderão ser dimensionados os biodigestores e estimada a quantidade de energia a ser produzida pelo sistema e o custo para a produção desta.

Para o tratamento M+B, os modelos Logístico, Gompertz e sigmoide de Boltzmann estimam aproximadamente os mesmos valores para o parâmetro AS, enquanto que para o tratamento MAR o maior valor de AS é estimado pelo modelo Gompertz AR(1).

Apenas o modelo sigmoide de Boltzmann apresenta um parâmetro para modelar o início da curva de acúmulo de biogás, AI, de menor interesse prático, a estimativa deste parâmetro representa a quantidade de biogás acumulada ao final da semana de instalação. Comparando os parâmetros AI do modelo sigmoide de Boltzmann ajustado ao tratamento M+B com o ajustado ao tratamento MAR é possível verificar que já na semana de instalação, o tratamento M+B produz em média o dobro de biogás do tratamento MAR. De acordo com Sousa (2014), a composição química essencialmente orgânica faz do bagaço de cana uma fonte potencial de geração de energia renovável.

Queiroz (2003) obteve bons resultados com o modelo Gompertz ao modelar a produção acumulada de biogás com tempos de retenção hidráulica de 84 e 77 dias, utilizando no seu experimento dejetos sólidos de bovinos destinados à produção de leite, quando o comparou com o modelo exponencial, sem considerar a correlação residual. Lopes (2007) também obteve bons resultados com o modelo Gompertz na modelagem da produção acumulada de biogás em rede de biodigestores anaeróbios.

O parâmetro PI estimado pelos modelos sigmoide de Boltzmann e Logístico serve para indicar o momento no qual ocorre 50% do total da produção de biogás pelo biodigestor; no modelo Gompertz, ele estima cerca de 37% deste total produzido. Antes do PI, observa-se um aumento na produção do biogás (concavidade voltada para cima), no PI ocorre a taxa máxima de liberação de biogás e após o PI começa a decair a produção do biogás (concavidade voltada para baixo).



Para o tratamento M+B o PI foi estimado próximo ao final da 5ª semana pelos três modelos, ao passo que, para o tratamento MAR, o PI foi estimado em momentos diferentes pelos modelos.

O parâmetro Inc se refere ao aumento da velocidade de acúmulo de biogás no ponto de inflexão, no modelo sigmoide de Boltzmann este parâmetro foi cerca de três vezes maior se comparado aos demais modelos.

De modo geral, todos os modelos apresentaram ajustes satisfatórios nos dois tratamentos (Tabela 4) e o modelo não linear sigmoide de Boltzmann apresentou os menores valores para o DPR e AIC e maior valor no  $R^2_{aj}$  tanto para o tratamento M+B quanto para MAR, sendo, portanto, o mais adequado para descrever a produção de biogás de resíduo proveniente de camas de suínos compostas de M+B ou somente em MAR em biodigestores do tipo batelada.

**Tabela 4.** Estimativas dos critérios de seleção: coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), desvio-padrão residual (DPR) e critério de Informação de Akaike (AIC), para os modelos ajustados, na descrição do volume de biogás produzido pelos tratamentos maravalha + bagaço de cana (M+B) e cama de maravalha (MAR).

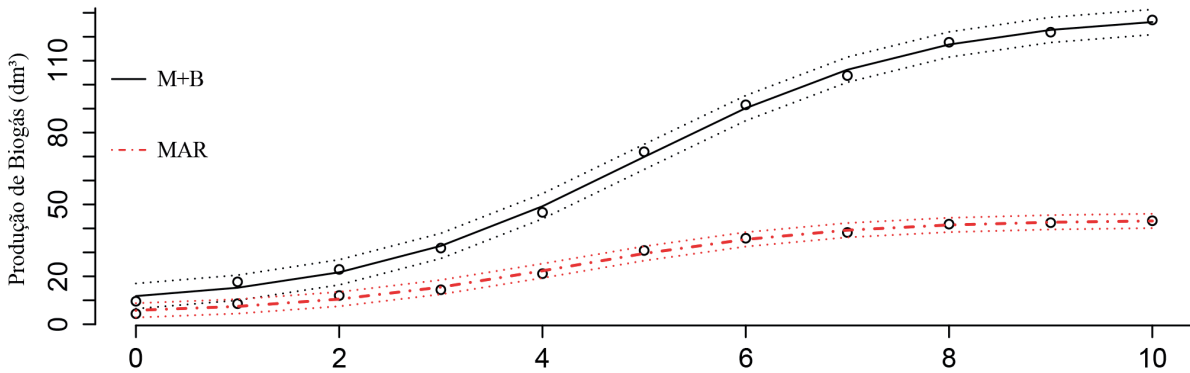
Tratamento	Modelo	Critérios de Seleção		
		$R^2_{aj}$	DPR	AIC
M+B	Sigmoide de Boltzmann	0,9957	2,22	53,82
	Gompertz AR(1)	0,9025	12,6	70,93
	Logístico AR(1)	0,9945	2,94	60,96
MAR	Sigmoide de Boltzmann	0,9927	1,26	41,4
	Gompertz AR(1)	0,9812	2,05	52,09
	Logístico	0,9909	1,44	43,79

**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

Esses resultados concordam com Florentino, Biscaro e Passos (2010) que compararam diversos modelos sigmoidais aplicados na determinação da atividade metanogênica específica, por meio da soma de quadrados dos resíduos, chegando a conclusão de que o modelo sigmoide de Boltzmann é superior a todos os outros modelos sigmoidais.

O gráfico que ilustra o ajuste do modelo sigmoide de Boltzmann à produção acumulada de biogás ao longo das semanas pode ser observado na Figura 2.

**Figura 2.** Curva ajustada do modelo sigmoide de Boltzmann ao volume de biogás acumulado para os tratamentos maravalha + bagaço de cana (M+B) e cama de maravalha (MAR) com intervalos de confiança.

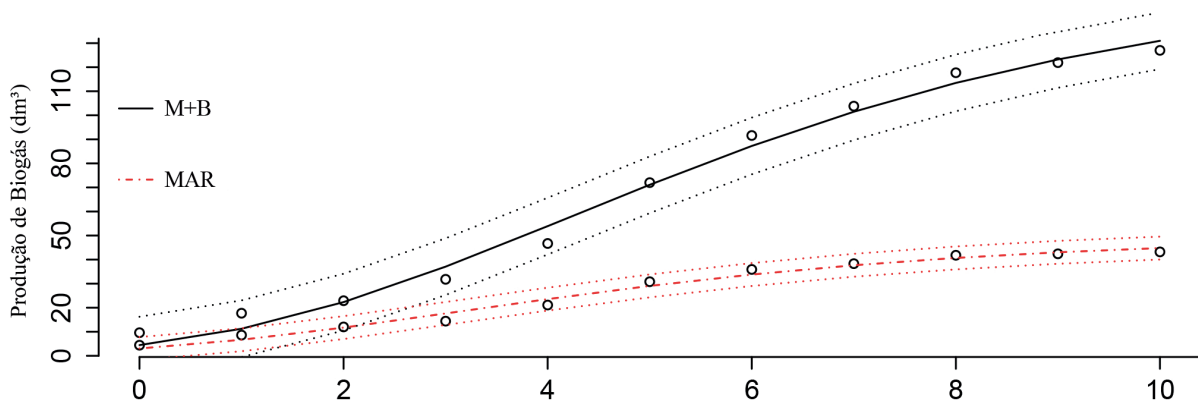


**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

O distanciamento das curvas para os dois tratamentos evidencia a superioridade da cama composta de M+B para a produção de biogás, indicando que, se disponível, o bagaço de cana chega a triplicar a produção de biogás do que se usado somente MAR. É possível notar também que praticamente não há interseção dos intervalos de confiança a partir da primeira semana.

O ajuste do modelo Gompertz, modelo que apresentou a pior qualidade de ajuste aos dados de produção acumulada de biogás, quando comparado com os outros dois modelos, está ilustrado na Figura 3.

**Figura 3.** Curva ajustada do modelo Gompertz ao volume de biogás acumulado para os tratamentos de maravalha + bagaço de cana (M+B) e cama de maravalha (MAR) com intervalos de confiança.

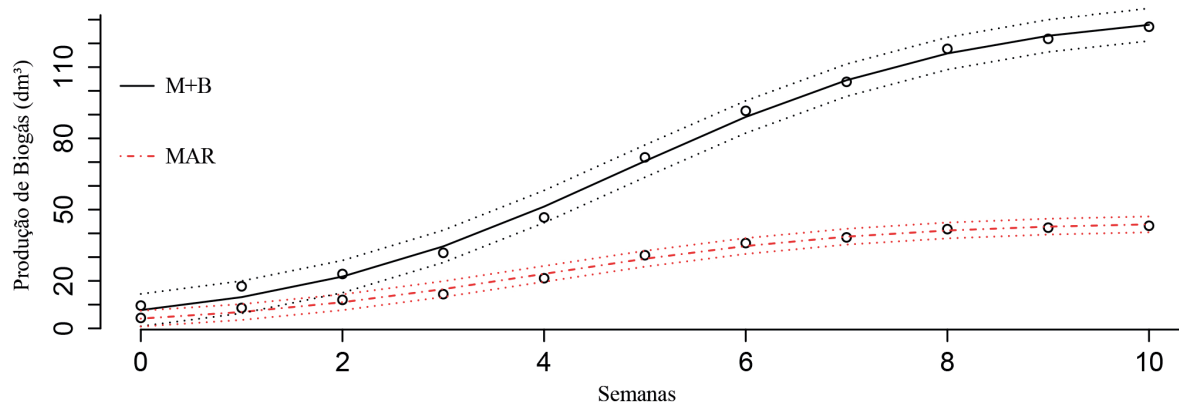


**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

A pior qualidade de ajuste do modelo Gompertz evidencia que a produção acumulada de biogás é um processo simétrico. Lopes (2007) e Queiroz (2003) obtiveram melhores ajustes para o modelo Gompertz, todavia o compararam com o exponencial, o qual não possui caráter sigmoideal.

A Figura 4 ilustra o ajuste do modelo Logístico à produção acumulada de biogás. Este modelo se aproximou mais do modelo sigmoide de Boltzmann em qualidade de ajuste.

**Figura 4.** Curva ajustada do modelo Logístico ajustada ao volume de biogás acumulado para os tratamentos de maravalha + bagaço de cana (M+B) e cama de maravalha (MAR) com intervalos de confiança.



**Fonte:** Elaboração dos autores (2017).

Os resultados obtidos mostram de maneira geral que diferentes composições dos dejetos utilizados nos biodigestores levam a diferentes produções de biogás. Costa (2009), Miranda et al. (2012), Aires et al. (2009) e Orrico Júnior, Orrico e Lucas Júnior (2009) também obtiveram diferentes produções de biogás ao utilizar diferentes composições nos biodigestores. A curva de produção acumulada de biogás apresenta caráter sigmoide, fato observado também por Florentino, Biscaro e Passos (2010), com fortes evidências de ser simétrica em relação ao ponto de inflexão.

É possível observar uma similaridade de produção entre os dois tratamentos no decorrer das semanas avaliadas, indicando que as curvas de produção de biogás oriundas de diferentes materiais de cama sobreposta de suínos seguem o mesmo padrão.

Para dimensionar a produção de biogás deve-se considerar o ajuste pelo modelo sigmoide de Boltzmann, o qual indica serem necessários cerca de 8 kg de cama composta de M+B para produzir 1m<sup>3</sup> de biogás enquanto para cama de MAR são necessários cerca de 23 kg para produzir 1m<sup>3</sup> de biogás. Resultados semelhantes foram obtidos por Costa (2009) ao utilizar cama de frango com serra de pinus e por Fukayama (2008) ao utilizar cama de frango.

## Conclusões

O modelo sigmoide de Boltzmann é superior aos demais modelos para descrever o volume de biogás acumulado tanto para cama composta de maravalha + bagaço de cana quanto para maravalha em biodigestor do tipo batelada com tempo de retenção hidráulica de 60 dias.

Para o dimensionamento da produção de energia por meio de biogás é mais eficiente utilizar o modelo sigmoide de Boltzmann.

O tratamento maravalha + bagaço de cana produz, em média, um volume de biogás três vezes maior que o tratamento maravalha.

## Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa de estudos.

## Non-linear models adjusted to the accumulated production of biogas originating from swine deep bedding

### Abstract

There are currently many issues concerning the shortage of rainfall, one being the low production of hydroelectric power and the consequent rise in electricity rates. Farmers are directly affected, since such variation causes higher production costs. One way out for farmers is to use the waste derived from agricultural and livestock activities to produce biogas with biodigesters, and generate power. In addition to the benefit of biogas and energy, the use of residue from biodigesters promotes rural sanitation and produces a high quality biofertilizer. This work is a regression study with the Boltzmann sigmoid, the Gompertz and the Logistic non-linear models using data from a project developed by Sousa (2014), with the objective of verifying which non-linear regression model better fits the accumulated production of biogas from batch biodigesters, with diluted material from swine deep bedding prepared with wood shavings and sugarcane bagasse, and only with wood shavings. It was verified that the Boltzmann sigmoid non-linear model is superior to the other models and, consequently, more efficient for measuring the production of biogas and electric power.

**Keywords:** Electric power. Biodigesters. Boltzmann sigmoid.

### Referências

AIRES, A. M.; LUCAS JUNIOR, J.; FUKAYAMA, E. H.; MACHADO, C. R.; GUIDOLIM, D. G. F. Bio-digestão anaeróbia da cama de frangos de corte com ou sem separação das frações sólida e líquida sobre a produção de biogás e a qualidade do biofertilizante. In: CONGRESSO DE MEIO AMBIENTE DA AUGM, 6, 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2009. p.1-15. Disponível em: <<http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-120.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

AVACI, A. B.; SOUZA, S. M. de; CHAVES, L. I.; NOGUEIRA, C. E. C.; NIEDZIALKOSKI, R. K.; SECCO, D. Avaliação econômico-financeira da microgeração de energia elétrica proveniente de biogás da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.4, p.456-462, abr. 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662013000400015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662013000400015&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 06 fev. 2016.

BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. A Simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. **Econometrica**, New York, v.47, n.5, p.1287-1294, sep. 1979. Disponível em: <[https://www.aae.wisc.edu/aae637/handouts/breusch\\_pagan\\_hetero\\_test\\_article.pdf](https://www.aae.wisc.edu/aae637/handouts/breusch_pagan_hetero_test_article.pdf)>. Acesso em: 02 dez. 2015.

CAETANO, L. **Proposição de um sistema modificado para quantificação de biogás**. 1985. 75f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1985.

CARNEIRO, A. P. S.; MUNIZ, J. A.; CARNEIRO, P. L. S.; MALHADO, C. H. M.; MARTINS FILHO, R.; SILVA, F. F. e. Identidade de modelos não lineares para comparar curvas de crescimento de bovinos da raça Tabapuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, p. 57-62, jan. 2014. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/18183>>. Acesso em: 04 fev. 2016.

COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M. de; FERRI, P.; KOLLING, E. M. Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Informe GEPEC**, Toledo, v.12, n.2, p.44-55, 2008. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/view/2186/1698>>. Acesso em: 15 mar. 2016

CORRÊA FILHO, L. C.; ANDRADE, E. T. de; MARTINAZZO, A. P.; D'ANDREA, E. M.; SOUSA, F. A. de; FIGUEIRA, V. G. Cinética de secagem, contração volumétrica e análise da difusão líquida do figo (*Ficus carica* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.8. p.797-802, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v19n8/1807-1929-rbeaa-19-08-0797>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

COSTA, L. V. C. **Biodigestão anaeróbia da cama de frango associada ou não ao biofertilizante obtido com dejetos de suínos**: produção de biogás e qualidade do biofertilizante. 2009. 89f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 3. ed. New York: J. Wiley, 1998.

DURBIN, J.; WATSON G. S. Testing for serial correlation in least squares regression I. **Biometrika**, London, v.37, n.3/4, p.409-428, dec. 1950. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2332391>>. Acesso em: 15 mar. 2016

FLORENTINO, H. O.; BISCARO, A. F. V.; PASSOS, J. R. S. Funções sigmoidais aplicadas na determinação da atividade metanogênica específica – AME. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.28, n.1, p.141-150, mar. 2010. Disponível em: <[http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v28/v28\\_n1/A10\\_Helenice.pdf](http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v28/v28_n1/A10_Helenice.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2016.

FUKAYAMA, E. H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações**: efeitos na produção de biogás e biofertilizante. 2008. 96f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

FERNANDES, T. J.; PEREIRA, A. A.; MUNIZ, J. A.; SAVIAN, T. V. Seleção de modelos não lineares para a descrição das curvas de crescimento do fruto do cafeeiro. **Revista Coffee Science**, Lavras, v.9, n.2, p.207-215, jun. 2014. Disponível em: <[http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/618/pdf\\_86](http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/618/pdf_86)>. Acesso em: 15 mar. 2016.

LOPES, G. N. Modelagem não linear da produção acumulada de biogás em rede de biodigestores anaeróbios. **Revista Agro@ambiente on line**, Boa Vista, v.1, n.1, p.37-40, jul./dez. 2007. Disponível em: <<http://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/144/80>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

LUNA, M. L. D. de; LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SOUSA, J. T. de; SILVA, S. A. Tratamento anaeróbio de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.113-121, mar. 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162009000100012&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000100012&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 05 ago. 2017.

MARTINS, F. M.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 477-486, jun. 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162011000300008&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162011000300008&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 05 ago. 2017.

MIRANDA, A. P.; LUCAS JUNIOR, J. de; THOMAZ, M. C.; PEREIRA, G. T.; FUKAYAMA, E. H. Anaerobic biogas production from pig feces in the initial, growing and finishing stages fed with diets formulated with corn or sorghum. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.1, fev. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162012000100006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162012000100006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 02 mar. 2017.

NISHIMURA, R. **Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granja de suínos: implementação de aplicativo computacional.** 2009. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

ORRICO JÚNIOR, M. A. P.; ORRICO A. C. A. LUCAS JÚNIOR, J. DE. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos com e sem separação da fração sólida em diferentes tempos de retenção hidráulica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.474-482, set. 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162009000300014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000300014&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 01 fev. 2016.

PRADO, T. K. L. do; SAVIAN, T. V.; MUNIZ, J. A. Ajuste dos modelos Gompertz e Logístico aos dados de crescimento de frutos de coqueiro anão verde. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.5, p.803-809, maio, 2013a. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782013000500008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782013000500008&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 16 fev. 2016.

PRADO, T. K. L. do; MUNIZ, J.A.; SAVIAN, T.V.; SÁFADI, T. Ajuste do modelo Logístico na descrição do crescimento de frutos de coqueiro anão por meio de algoritmos iterativos. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.31, n.2, p.216-232, 2013b. Disponível em: <[http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v31/v31\\_n2/A4\\_Thalita\\_Joel.pdf](http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v31/v31_n2/A4_Thalita_Joel.pdf)>. Acesso em: 15 dez. 2016

QUEIROZ, S.C. **Modelagem da produção acumulada de biogás em biodigestores tipo batelada segundo a porcentagem de inóculo adicionado utilizando os modelos de regressão não-linear de Gompertz e exponencial.** 2003. 112f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing.** Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>. Acesso em: 21 nov. 2014.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality. **Biometrika**, London, v.52, n.3/4, p.591-611, dec. 1965. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2333709>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

SOUSA, F. A. **Análise de fatores ambientais na criação de suínos em camas sobrepostas e produção de biogás.** 2014. 125f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SOUZA, I. F.; KUNZLE NETO, J. E.; MUNIZ, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; SAVIAN, T. V.; MUNIZ, F. R. Fitting nonlinear autoregressive models to describe coffee seed germinations. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.11, p.2016-2021, nov. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782014001102016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782014001102016&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 02 nov. 2016.

### Histórico editorial:

Submetido em: 11/02/2017

Aceito em: 08/08/2017

#### Como citar:

##### ABNT

SILVEIRA, S. C.; MUNIZ, J. A.; SOUSA, F. A.; CAMPOS, A. T. Modelos não lineares ajustados à produção acumulada de biogás provenientes de camas sobrepostas de suínos. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 3, p. 91-103, jul./set. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181168>

##### APA

SILVEIRA, S. C., MUNIZ, J. A., SOUSA, F. A. & CAMPOS, A. T. (2018). Modelos não lineares ajustados à produção acumulada de biogás provenientes de camas sobrepostas de suínos. *Revista Agrogeoambiental*, 10 (3), 91-103. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181168>

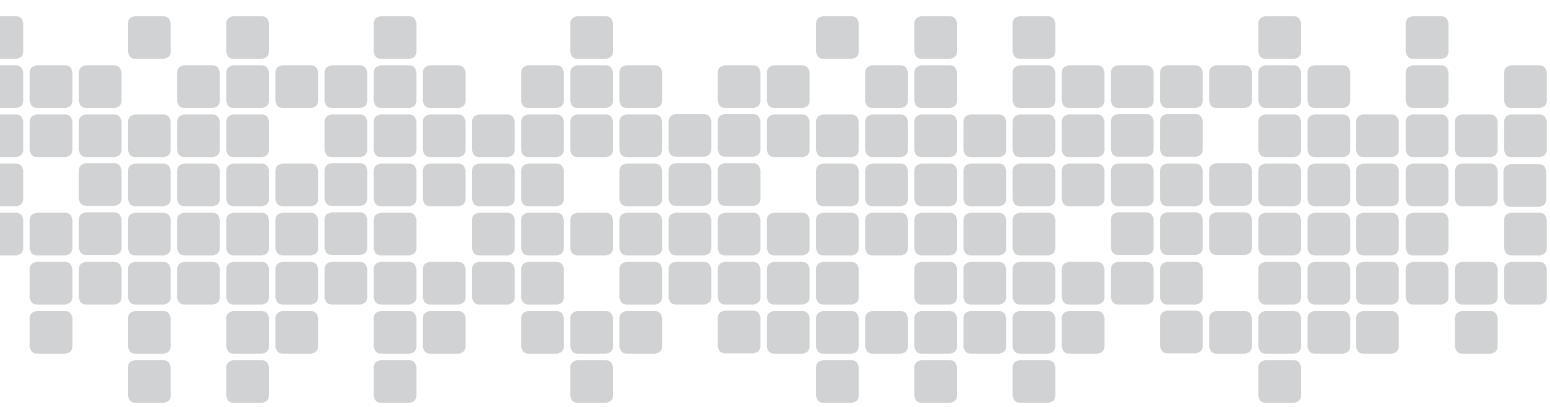
##### ISO

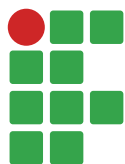
SILVEIRA, S. C.; MUNIZ, J. A.; SOUSA, F. A. e CAMPOS, A. T. Modelos não lineares ajustados à produção acumulada de biogás provenientes de camas sobrepostas de suínos. *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 3, pp. 91-103. Eissn 2316-1817. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181168>

##### VANCOUVER

Silveira SC, Muniz JA, Sousa FA, Campos, AT. Modelos não lineares ajustados à produção acumulada de biogás provenientes de camas sobrepostas de suínos. *Rev agrogeoambiental*. 2018. jul./set.; 10(3): 91-103. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181168>







# Caracterização hidrológica de nascentes de sub-bacias hidrográficas na região do Alto Rio Grande, MG

Lucas Alves da Silva<sup>1</sup>

Antônio Marciano da Silva<sup>2</sup>

Gilberto Coelho<sup>3</sup>

Leandro Campos Pinto<sup>4</sup>

Eliete Nazaré Eduardo<sup>5</sup>

## Resumo

A Caracterização hidrológica de nascentes associadas à dinâmica local tem-se mostrado um instrumento importante na gestão dos recursos hídricos. O trabalho foi desenvolvido em duas sub-bacias hidrográficas: sub-bacia do Ribeirão Lavrinha e sub-bacia do Ribeirão Marcela, com ambientes fisiográficos distintos, inseridas na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Alto Rio Grande (UPGRH-GD1) do Estado de Minas Gerais. Realizou-se a caracterização morfométrica das áreas de recarga de água, a modelagem hidrológica das vazões e a quantificação do uso e ocupação do solo em dez nascentes das sub-bacias hidrográficas dos Ribeirões Lavrinha e Ribeirão Marcela, sendo cinco em cada sub-bacia. Verificou-se grande variabilidade espacial e temporal das vazões das nascentes durante o ano de 2008. As duas sub-bacias hidrográficas monitoradas apresentaram grande diferença em termos de produção de água em suas nascentes, podendo estas diferenças ser atribuídas ao regime pluviométrico de cada localidade.

**Palavras-chave:** Manejo de bacias hidrográficas. Morfometria. SIG.

## Introdução

A água é um recurso natural de valor inestimável, sendo vital para qualquer atividade humana, além de ser estratégica para o desenvolvimento econômico. Entretanto, a intervenção humana de maneira exploratória e inconsequente alteram a sua dinâmica dentro do espaço territorial das bacias hidrográficas, especificamente nas áreas de recarga das nascentes (MENEZES et al., 2009; MELLO; SILVA, 2013). Neste contexto, a qualificação (PINTO et al., 2013) e a quantificação das águas dentro desses territórios servem de indicativos do grau de degradação de recursos naturais.

A produção de água de uma bacia hidrográfica está associada à relação entre as suas características fisiográficas e os processos produzidos nesta, tal como infiltração, escoamento superficial e sub-superficial e evapotranspiração (ALVES; CASTRO, 2003). De acordo com Tonello et al. (2006), a área da bacia hidrográfica influencia diretamente a quantidade de água produzida como deflúvio,

1 Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia, professor. [lucasas@deg.ufla.br](mailto:lucasas@deg.ufla.br).

2 Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia, professor visitante sênior nacional na UNIFAL (MG). [marciano@deg.ufla.br](mailto:marciano@deg.ufla.br).

3 Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia, professor. [coelho@deg.ufla.br](mailto:coelho@deg.ufla.br).

4 Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência do Solo, doutor em Ciência do Solo. [leandcampos@yahoo.com.br](mailto:leandcampos@yahoo.com.br). *Campus* Universitário, UFLA/DCS. Caixa Postal 3037, Lavras – MG, CEP 37200-000.

5 Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência do Solo, doutora em Ciência do Solo. [elietenazare@gmail.com](mailto:elietenazare@gmail.com).

entretanto, sua forma e cobertura vegetal atuam sobre a taxa de produção de água, bem como sobre a taxa de sedimentação. O conhecimento dos aspectos físicos e principalmente da morfologia de uma bacia torna-se indispensável para estudos que mostrem realmente sua dinâmica.

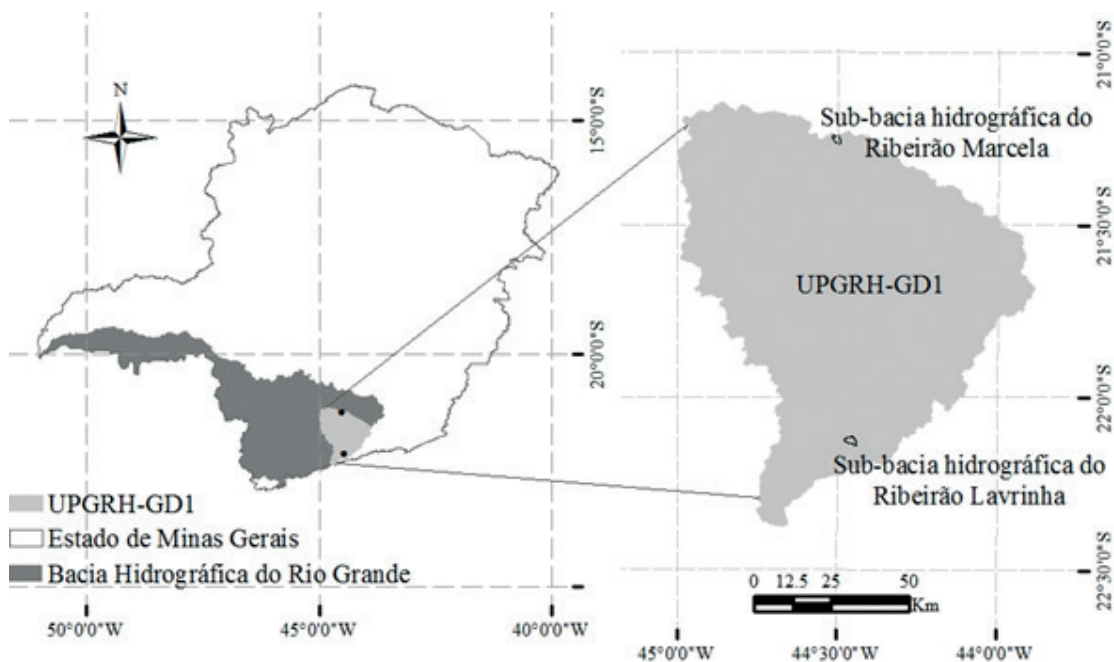
A caracterização fisiográfica de bacias hidrográficas, associada às suas disponibilidades hídricas, possibilita entender fenômenos passados, avaliar impactos ambientais e ações antrópicas na fase de escoamento superficial da água e elaborar correlações entre vazões e características fisiográficas (ALVES; CASTRO, 2003).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi compreender o comportamento hidrológico de áreas de recarga de dez nascentes de duas sub-bacias hidrográficas pela obtenção e análise das características morfométricas, do uso e ocupação do solo e da disponibilidade hídrica das áreas.

## Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido em duas sub-bacias hidrográficas: sub-bacia do Ribeirão Lavrinha (SRL) e sub-bacia do Ribeirão Marcela (SRM), com ambientes fisiográficos distintos, inseridas na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Alto Rio Grande (UPGRH-GD1) do Estado de Minas Gerais (FIGURA 1).

**Figura 1.** Localização das sub-bacias hidrográficas do Ribeirão Lavrinha (SRL) e do Ribeirão Marcela (SRM).



**Fonte:** Os autores (2008).

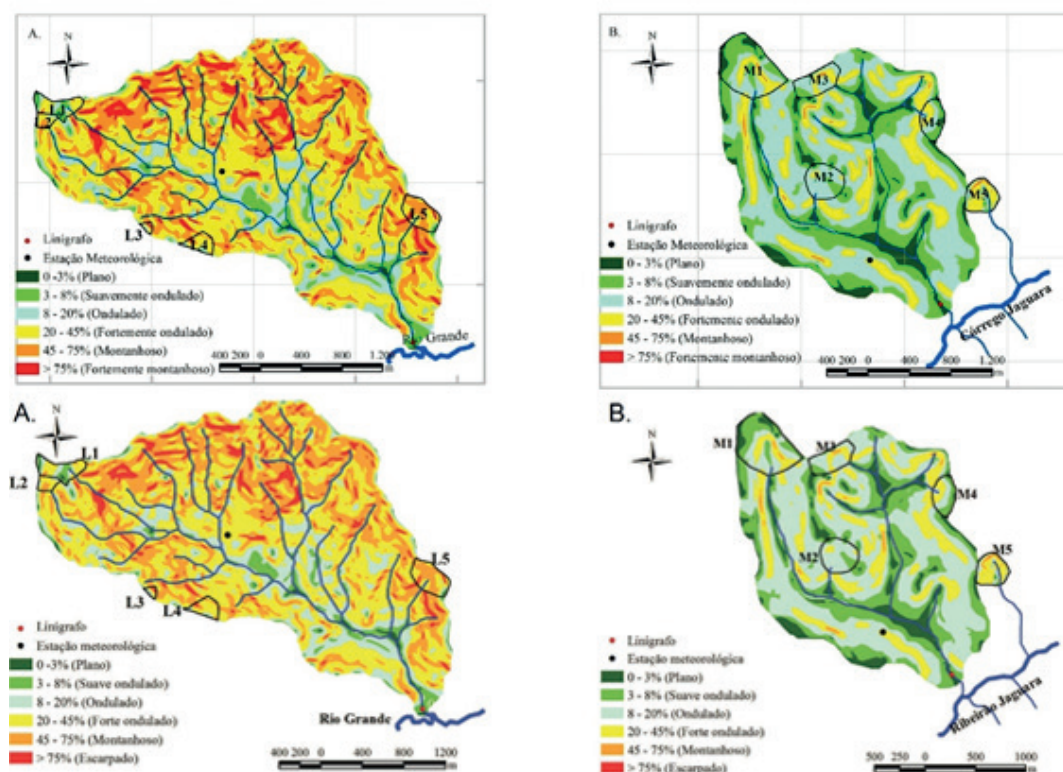
A SRL localiza-se no município de Bocaína de Minas (MG), com área de 676 ha, predominantemente com florestas nativas e pastagens, cujo curso d'água deságua diretamente no Rio Grande. O clima da região foi classificado em Cwb e Superúmido A, com base em metodologias de Köppen e Thorntwaite (MELLO et al., 2012). Os Cambissolos são os solos predominantes na área (MENEZES et al., 2009; PINTO et al., 2015; SKORUPA et al., 2017), cujas características são típicas da região da

Serra da Mantiqueira, ou seja, solos pouco a moderadamente profundos, com relevo variando de ondulado a montanhoso (JUNQUEIRA JUNIOR, 2006). De acordo com registros da estação meteorológica localizada na área, há ocorrência de precipitação média anual de 1.860 mm, temperatura média anual de 17,5 °C, cujos valores máximos e mínimos diários foram de 32 e 2,7 °C respectivamente, ocorrendo geadas anualmente.

A SRM localiza-se no município de Nazareno (MG), com área de 470 ha, predominantemente com Latossolos e agricultura tecnicada, cujo dreno principal, o Ribeirão Marcela, é afluente do Ribeirão da Jaguarua que deságua no reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos/Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG). A região possui clima do tipo Cwa pela classificação Köppen, caracterizado como temperado, com verões quentes e úmidos e invernos secos (GOMES et al., 2007). Baseado em registros da estação meteorológica localizada na área, a precipitação média anual é de 1.300 mm, com temperatura média anual de 19,7° C, variando entre a máxima diária de 36,2 °C e a mínima diária de 2,6 °C.

A seleção das 10 nascentes representativas nas duas sub-bacias hidrográficas baseou-se na condição de estarem sobre uma mesma unidade pedológica e possuírem diferentes ocupações do solo nas áreas de recarga, sendo denominadas como: nascentes L1; L2; L3; L4 e L5, para a sub-bacia do Ribeirão Lavrinha (SRL); nascentes M1; M2; M3; M4 e M5, para a sub-bacia do Ribeirão Marcela (SRM) (FIGURA 2).

**Figura 2.** Mapa de declividade das sub-bacias e a localização das nascentes avaliadas (L1, L2, L3, L4 e L5 – Nascentes do Ribeirão Lavrinha (SRL) (A) e M1, M2, M3, M4 e M5 – Nascentes do Ribeirão Marcela (SRM) (B)).



Fonte: Os autores (2008).

Para delimitação das sub-bacias, foram utilizadas as cartas topográficas vetoriais do mapeamento sistemático publicadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala 1:50.000. Foi realizada a interpolação linear entre os valores altimétricos das curvas de nível e os pontos cotados das cartas do IBGE. Posteriormente à interpolação, deu-se início à eliminação das distorções da grade de interpolação, que consiste na correção da imagem gerada por meio do preenchimento das depressões espúrias ou eliminação de picos gerados por erros na interpolação, para gerar o Modelo Digital de Elevação (MDEHC). A partir do MDEHC e de ferramentas específicas do software ArcGIS® version 9.2, foi possível delimitar automaticamente as sub-bacias hidrográficas e as áreas de recarga das nascentes avaliadas.

Para cada área de recarga, foi confeccionado um mapa de uso e ocupação do solo com base em um levantamento topográfico expedido feito com um receptor GPS modelo 76CSx marca Garmin, exceto nas nascentes L1, L5, M3 e M5, onde o mapa foi feito a partir de um levantamento topográfico planialtimétrico georreferenciado.

Na Tabela 1, estão apresentados os parâmetros morfométricos utilizados na caracterização das áreas de recarga das nascentes obtidos com base nas informações de Mello e Silva (2013), sendo realizados também com auxílio do software ArcGIS® versão 9.2.

**Tabela 1.** Parâmetros morfométricos para as áreas de recarga das nascentes.

Características morfométricas	
Área (A)	Fator de forma ( $K_f$ )
Perímetro (P)	Índice de conformação ( $I_c$ )
Coeficiente de compacidade ( $K_c$ )	
Características do relevo	
Altitude máxima ( $E_{máx}$ )	Declividade máxima ( $I_{máx}$ )
Altitude média ( $\bar{E}$ )	Declividade média ( $I_{\%}$ )
Altitude mediana ( $E_{med}$ )	Declividade mediana ( $I_{med}$ )
Altitude mínima ( $E_{mín}$ )	Declividade mínima ( $I_{mín}$ )

**Fonte:** Os autores (2008).

As vazões das nascentes foram monitoradas mensalmente de abril a novembro de 2008, para compor a base de dados deste trabalho, exceto as nascentes L1, L5, M3 e M5 para as quais a frequência de monitoramento foi quinzenal e o período de monitoramento foi de fevereiro a novembro de 2008. As vazões foram determinadas utilizando medidor de vazão sob regime crítico com calha modelo WSC Flume. A vazão da nascente L3 foi quantificada pelo método direto em três repetições empregando-se recipiente calibrado.

O intuito foi avaliar a capacidade de produção de água no período de tempo observado para determinada condição de uso e ocupação do solo, associando os parâmetros morfométricos e de relevo da área de recarga. O deflúvio quantificado no período de depleção do aquífero (período de seca) representa o volume de água subterrânea que foi drenado, em que a comparação em termos de produção de água foi realizada utilizando o conceito de rendimento específico, ou seja, vazão por unidade de área ( $L^3T^{-1}L^{-2}$ ). Adicionalmente com as vazões médias mensais das nascentes, foi possível determinar o rendimento específico (RE) das nascentes, associando com a precipitação mensal. Devido à variabilidade espacial da precipitação, para que sua quantificação fosse mais representativa,

foi instalado um pluviômetro conectado a um reservatório onde a quantificação do total precipitado foi feita com frequência quinzenal.

Com aos dados de vazão, ajustou-se um modelo exponencial conforme a “Fórmula de Maillet” (DEWANDEL et al., 2003) (EQUAÇÃO 1), para representar o comportamento temporal da vazão das nascentes, sendo o ajuste feito conforme o método de Newton Raphson, utilizando-se de forma complementar o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para verificação da qualidade do ajuste. Por este modelo apresentar aplicabilidade apenas em condições de depleção, geraram-se gráficos das vazões em função do tempo (sendo o tempo contado a partir do primeiro dia de monitoramento da vazão, ou seja,  $t_0$  correspondendo a  $Q_{t_0}$ ) para identificação do período de depleção, para posterior modelagem.

$$Q_t = Q_{t_0} \cdot \exp^{-\alpha \cdot t} \quad (1)$$

em que:  $Q_t$  - vazão da nascentes em um instante  $t$  ( $L \cdot s^{-1}$ );  $Q_{t_0}$  - vazão da nascente no primeiro dia de monitoramento ( $L \cdot s^{-1}$ );  $\alpha$  - coeficiente de recessão, representando a taxa de decaimento da vazão com o tempo ( $dia^{-1}$ ), e  $t$  intervalo de tempo decorrido entre  $t_0$  e  $t$  (dias).

Integrando-se a Equação 1, obtém-se o deflúvio em volume, no período de análise, conforme indicado na Equação 2.

$$VE = 86400 \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot Q_{t_0} \cdot (1 - \exp^{-\alpha \cdot t}) \quad (2)$$

em que: VE - deflúvio superficial (L);  $\alpha$  - coeficiente de recessão ( $dia^{-1}$ );  $Q_{t_0}$  - vazão da nascente no primeiro dia do monitoramento ( $L \cdot s^{-1}$ ) e  $t$  - intervalo de tempo decorrido entre  $t_0$  e  $t$  (dia).

## Resultados e discussão

### Caracterização geral das nascentes

Em termos de regime de escoamento, todas as nascentes avaliadas apresentaram-se como sendo perenes (CASTRO; LOPES, 2001). As nascentes L1, L2, L3 e L4 foram consideradas pontuais (DAVIDE et al., 2002) e as demais classificadas como difusas. Devido à grande variabilidade das vazões ao longo do ano, Junqueira Júnior (2006) avaliando o escoamento destas mesmas nascentes, enquadrou-as como sendo freáticas.

Em geral, observou-se em todas as nascentes alguma forma de intervenção nas características físicas das áreas de preservação permanente (APPs). Durante as etapas de campo, pode-se perceber que as principais e mais frequentes formas de intervenção constituem-se na utilização destas áreas para pastagem e dessedentação do gado (sendo caracterizado pela presença do pisoteio e estrume) e a substituição da cobertura do solo por pastagem sem práticas de conservação de solo.

#### Caracterização morfométrica e do relevo das áreas de recarga das nascentes

A Tabela 2 apresenta os resultados numéricos dos parâmetros morfométricos e das características de relevo das áreas de recarga das nascentes avaliadas.



**Tabela 2.** Resultados numéricos dos parâmetros morfométricos das áreas de recarga das nascentes avaliadas<sup>1</sup>.

Nascentes	L1	L2	L3	L4	L5	M1	M2	M3	M4	M5
Características morfométricas										
A (ha)	7,24	2,43	0,87	5,14	8,74	26,37	10,47	9,14	7,2	8,45
P (m)	1326,7	650,8	403,4	1008,8	1513,2	1965,8	1169,7	1248,6	1052	1073,9
Kc	1,38	1,17	1,21	1,25	1,43	1,07	1,01	1,16	1,1	1,03
Kf	0,38	0,68	1,01	1,1	1,27	0,65	0,88	1,48	1,25	0,76
Ic	0,4	0,61	0,98	1,07	1,23	0,63	0,82	1,85	1,16	0,73
Características do relevo										
E <sub>máx</sub> (m)	1707,5	1680,6	1510	1436,5	1394,6	1059,2	1041,4	1059,6	1050	1054,5
Ē (m)	1668,4	1644,6	1499,3	1384,3	1321,6	1035,4	1021,5	1035,2	1037,8	1026,8
E <sub>med</sub> (m)	1666,7	1643,1	1502,6	1385,6	1322,5	1040,8	1022,4	1037	1040,9	1026,6
E <sub>mín</sub> (m)	1627,6	1610,3	1470,2	1334,4	1242,9	998,8	991,9	1004,4	1009,8	998,1
I <sub>máx</sub> (%)	218,560,0	70,3	86,5	82,5	148,572,0	58	22,5	72,4	35,2	285,333,5
I <sub>%</sub> (%)	28,7	33,9	38,5	37,1	54,2	12,1	13,2	17	13	25,4
I <sub>med</sub> (%)	28,2	32,4	30,8	37,2	55	8,7	14,3	15,6	10,9	24,5
I <sub>mín</sub> (%)	0,5	3,5	3,3	1,8	0,5	0,1	0,3	0,5	0,1	0,4

<sup>1</sup>A – área; P – perímetro; Kc – coeficiente de compacidade; Kf – fator de forma; Ic – índice de conformação; E<sub>máx</sub>, Ē, E<sub>med</sub> e E<sub>mín</sub> – altitude máxima, média, mediana e mínima respectivamente; e I<sub>máx</sub>, I<sub>%</sub>, I<sub>med</sub> e I<sub>mín</sub> – declividade máxima, média, mediana e mínima, respectivamente.

**Fonte:** Os autores (2009).

Utilizando a interpretação de Mello e Silva (2013), em termos de coeficiente de compacidade (Kc), todas as áreas de recarga apresentaram tendência à ocorrência de enchentes, em que especificamente as áreas L2, L3, L4, M1, M2, M3, M4 e M5 apresentaram alta propensão a grandes cheias ( $1 \leq Kc < 1,25$ ), enquanto as áreas L1 e L5 apresentaram tendência mediana ( $1,25 \leq Kc < 1,50$ ). Com relação ao fator de forma (Kf), todas as áreas apresentaram tendência à ocorrência de enchentes, exceto a área relativa à nascente L1 ( $Kf < 0,5$ ), onde especificamente as áreas L3, L4, L5, M2, M3, M4 e M5 apresentam-se sujeitas a cheias ( $0,75 < Kf \leq 1$ ), enquanto as áreas L2 e M1 apresentaram tendência mediana ( $0,50 \leq Kf < 0,75$ ). Em se tratando de propensão à ocorrência de cheias, o coeficiente de compacidade indica que a área de recarga que possui a menor propensão trata-se da área L1 (Ic mais distante de 1) e adicionalmente a que apresenta maior propensão refere-se à área L3 (Ic mais próximo de 1). Como os índices são complementares, o coeficiente de compacidade expressa a tendência de enchente e os outros expressam a dimensão desta, portanto, pode-se concluir que apenas a área de recarga L1 não apresenta tendência à ocorrência de enchentes.

Em termos de altitude, as áreas de recarga de nascentes da SRL apresentam variação de 1.242,9 a 1.707,5 m, enquanto que áreas de recarga de nascentes da SRM apresentam variação de 991,9 a 1.059,6 m, resultando em uma diferença de 500 m. De maneira geral, pode-se inferir que as áreas de recarga da SRL possuem maior propensão à ocorrência de menores temperaturas e maiores índices pluviométricos (MELLO et al., 2012), uma vez que a área dessa sub-bacia é formada predominantemente com florestas nativas e pastagens e apresentam registros pluviométricos de 1.860 mm de média anual e potencial de erosividade de chuva classificado como “muito forte” (MELLO et al., 2012).



A declividade das áreas de recarga das nascentes tem uma relação importante e complexa com a infiltração, o escoamento superficial, a umidade do solo e a contribuição de água subterrânea ao escoamento do curso d'água. Tem relação direta com o tempo de oportunidade para que a precipitação possa vir a infiltrar, percolar e conseqüentemente abastecer os aquíferos subterrâneos. Áreas com declividades elevadas aceleram as enxurradas e dificultam a infiltração de água no solo. Assim, verificou-se que as declividades médias das áreas de recarga das nascentes estudadas variam na SRL de 28,7 a 54,2% e na SRM variam de 12,1 a 25,4%. Considerando constantes as características de uso e ocupação do solo, classe de solo e intensidade das chuvas, as áreas da SRL possuem maior predisposição à ocorrência de maiores índices de escoamento superficial, que por sua vez está associado à maior suscetibilidade à erosão dos solos.

Analisando-se conjuntamente relevo e cobertura vegetal, pode-se inferir que as condições do ponto de vista ambiental encontradas nas nascentes da SRL são preocupantes, pois a cobertura vegetal de Mata Atlântica vem sendo substituída por pastagem e este fato, aliado a uma situação de elevadas declividades e o predomínio de Cambissolos, favorecerá as perdas de água e solo.

Com relação às áreas de recarga da SRM, apesar de existir nelas uma agricultura mais tecnificada e intensiva em Latossolo (GOMES et al., 2007), devido ao relevo mais suave, há menor predisposição para perdas de água e solo.

### Uso e ocupação do solo das áreas de recarga

As Tabelas 3 e 4 apresentam os percentuais de uso e ocupação das áreas de recarga da SRL e SRM, respectivamente.

**Tabela 3.** Distribuição percentual de uso e ocupação das áreas de recarga do Ribeirão Lavrinha.

Nascente	Descrição de uso e ocupação	Observações
L1	Pastagem - 92,9%	Nascente explorada para dessedentação de gado
	Samambaia - 6,9%	
	Mata - 0,2%	
L2	Mata nativa - 67,1%	Aumento de área com pastagem
	Pastagem - 32,9%	
L3	Pastagem - 99,0%	Área com indícios de queimadas e desvio do tributário do curso principal
	Pequenos arbustos - 1,0%	
L4	Pastagem - 45,4%	Implantação de área com eucalipto de forma irregular
	Mata nativa - 31,4%	
	Eucalipto - 23,2%	
L5	Pastagem - 68,7%	Exploração intensiva da pecuária (curso d'água utilizado como bebedouro)
	Samambaia - 28,7%	
	Mata nativa - 2,1%	
	Brejo - 0,5%	

Fonte: Os autores (2009).

**Tabela 4.** Distribuição percentual de uso e ocupação das áreas de recarga do Ribeirão Marcela (SRM).

Nascente	Descrição de uso e ocupação	Observações
M1	Culturas anuais - 65,5%	Presença de gado na área, com queimadas ocorrendo no período seco do ano
	Outros (rodovia e estradas vicinais) - 13,9%	
	Vegetação em regeneração - 8,4%	
	Mata nativa - 7,2%	
M2	Área de várzea - 4,9%	Presença de gado em períodos anteriores à implantação das culturas
	Culturas anuais - 45%	
	Vegetação em regeneração - 42,6%	
	Mata nativa - 10,1%	
M3	Outros (estradas vicinais) - 2,3%	Inexistência de proteção nos locais de afloramento d'água, sendo utilizado para dessedentação de animais
	Pastagem - 66,7%	
	Culturas anuais - 22,4%	
	Outros (rodovia) - 7,8%	
M4	Área de várzea - 2,9%	Existe proteção contra circulação do gado
	Mata nativa - 0,2%	
	Vegetação em regeneração - 47,2%	
	Pastagem - 37,1%	
M5	Mata nativa - 15,7%	Inexistência de proteção nos locais de afloramento d'água, sendo utilizado para dessedentação de animais
	Mata nativa - 48,5%	
	Pastagem - 33,2%	
	Culturas anuais - 10,2%	
	Área de várzea - 6,0%	
	Outros (estradas vicinais) - 2,2%	

**Fonte:** Os autores (2009).

A nascente L2 foi a que apresentou melhores condições do ponto de vista ambiental, apresentando o maior percentual de mata nativa (67,1%) e sem intervenções diretas no ponto de afloramento d'água devido às dificuldades de acessibilidade local. De acordo com Ribeiro e Freitas (2010), as matas nativas da Serra da Mantiqueira estão inseridas em um agromosaico com diferentes usos do solo, atualmente, os remanescentes de florestas ocorrem nas áreas de topo e em altas elevações, que são áreas inadequadas para a agricultura. Entretanto, observou-se avanço na substituição da Mata Atlântica por áreas de pastagem implantadas sem práticas de conservação do solo, fato que poderá favorecer o escoamento superficial direto e potencializar as perdas de água e solo (BESKOW et al., 2009).

Para a SRM, a área de recarga da nascente M5 foi a que apresentou as melhores condições de cobertura vegetal, sendo que em todas as áreas de recargas analisadas nesta sub-bacia, existiu alguma forma de intervenção direta nas APPs e nos locais de afloramento d'água.

As áreas de recarga de nascentes da SRM encontram-se mais antropizadas que as da SRL. Junqueira Júnior (2006) salientou que a cobertura vegetal em áreas de nascentes é um fator determinante no suprimento de água para os aquíferos que, de acordo com Menezes et al. (2009), funcionam como esponjas, absorvendo grande parte da água das chuvas e liberando-as lentamente para o solo, proporcionando menor variação temporal das vazões dos cursos d'água.

## Modelagem das vazões das nascentes

A Tabela 5 apresenta as equações das vazões ajustadas ao modelo exponencial “Fórmula de Maillet” das nascentes das sub-bacias hidrográficas avaliadas.

**Tabela 5.** Equações ajustadas aos dados de vazão das nascentes do Ribeirão Lavrinha e Ribeirão Marcela.

Sub-bacia	Nascentes	$Q_{t_0}$ (L s <sup>-1</sup> )	$\alpha$ (dia <sup>-1</sup> )	Equação	R <sup>2</sup>
Ribeirão Lavrinha	L1	2,07	0,0052	$Q_t = 2,24.e^{-0,0052.t}$	0,95
	L2	0,89	0,0065	$Q_t = 0,84.e^{-0,0065.t}$	0,95
	L3	0,11	0,0130	$Q_t = 0,11.e^{-0,0130.t}$	0,98
	L4	3,40	0,0074	$Q_t = 3,40.e^{-0,0074.t}$	0,99
	L5	1,36	0,0053	$Q_t = 1,70.e^{-0,0053.t}$	0,96
Ribeirão Marcela	M1	2,78	0,0070	$Q_t = 2,78.e^{-0,0070.t}$	0,95
	M2	0,64	0,0150	$Q_t = 0,64.e^{-0,0150.t}$	0,93
	M3	0,95	0,0026	$Q_t = 1,06.e^{-0,0026.t}$	0,86
	M4	0,33	0,0048	$Q_t = 0,33.e^{-0,0048.t}$	0,96
	M5	1,66	0,0089	$Q_t = 1,90.e^{-0,0089.t}$	0,95

Fonte: Os autores (2009).

Pode-se observar que os dados tiveram alto ajuste ao modelo exponencial proposto, verificado nos valores de coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>).

Com o intuito de comparar os modelos obtidos, determinou-se o percentual de depleção da vazão de cada nascente, avaliado no mesmo intervalo de tempo, período de 05/04 a 25/10/2008 para SRL, período de 06/04 a 25/10/2008 para a SRM (Tabela 6).

**Tabela 6.** Decaimento percentual das vazões das nascentes monitoradas na SRL (período de 05/04 a 25/10/2008) e SRM (período de 06/04 a 25/10/2008)<sup>1</sup>.

Sub-bacia	Nascentes	$Q_{t_0}$ (L s <sup>-1</sup> )	$Q_{t_1}$ (L s <sup>-1</sup> )	$(Q_{t_0} - Q_{t_1} / Q_{t_0}) \cdot 100$ (%)
Ribeirão Lavrinha	L1	2,07	0,72	65,22
	L2	0,89	0,23	74,16
	L3	0,11	0,01	90,90
	L4	3,40	0,76	77,65
	L5	1,36	0,46	66,18
Ribeirão Marcela	M1	2,78	0,68	75,54
	M2	0,64	0,03	95,31
	M3	0,95	0,56	41,05
	M4	0,33	0,12	63,64
	M5	1,66	0,28	83,13

<sup>1</sup> $Q_{t_0}$  – vazões avaliadas no início da depleção (maior valor de vazão);  $Q_{t_1}$  – vazões avaliadas no final da depleção (menor valor de vazão).

Fonte: Os autores (2009).

Especificamente com relação às nascentes da SRL, observa-se que a maior diminuição da vazão ocorreu na nascente L3 (pastagem com declividade de 38,5%), sendo seguida das nascentes L4 (pastagem, mata e eucalipto, com declividade de 37,1%), L2 (pastagem e mata, com declividade de 33,9%), L5 (pastagem com declividade de 54,2%) e L1 (pastagem com declividade de 28,7%). Com relação às nascentes da SRM, pode-se observar que a nascente M2 (regeneração natural, milho e mata, com declividade média de 13,2%) foi a que apresentou maior diminuição da vazão, sendo acompanhada das nascentes M5 (mata, pastagem e milho, com declividade 25,4%), M1 (milho, regeneração natural, mata e outros, com declividade média de 12,1%), M4 (regeneração natural, pastagem e mata, com declividade média de 13,0%) e M3 (pastagem e milho, com declividade média de 54,2%).

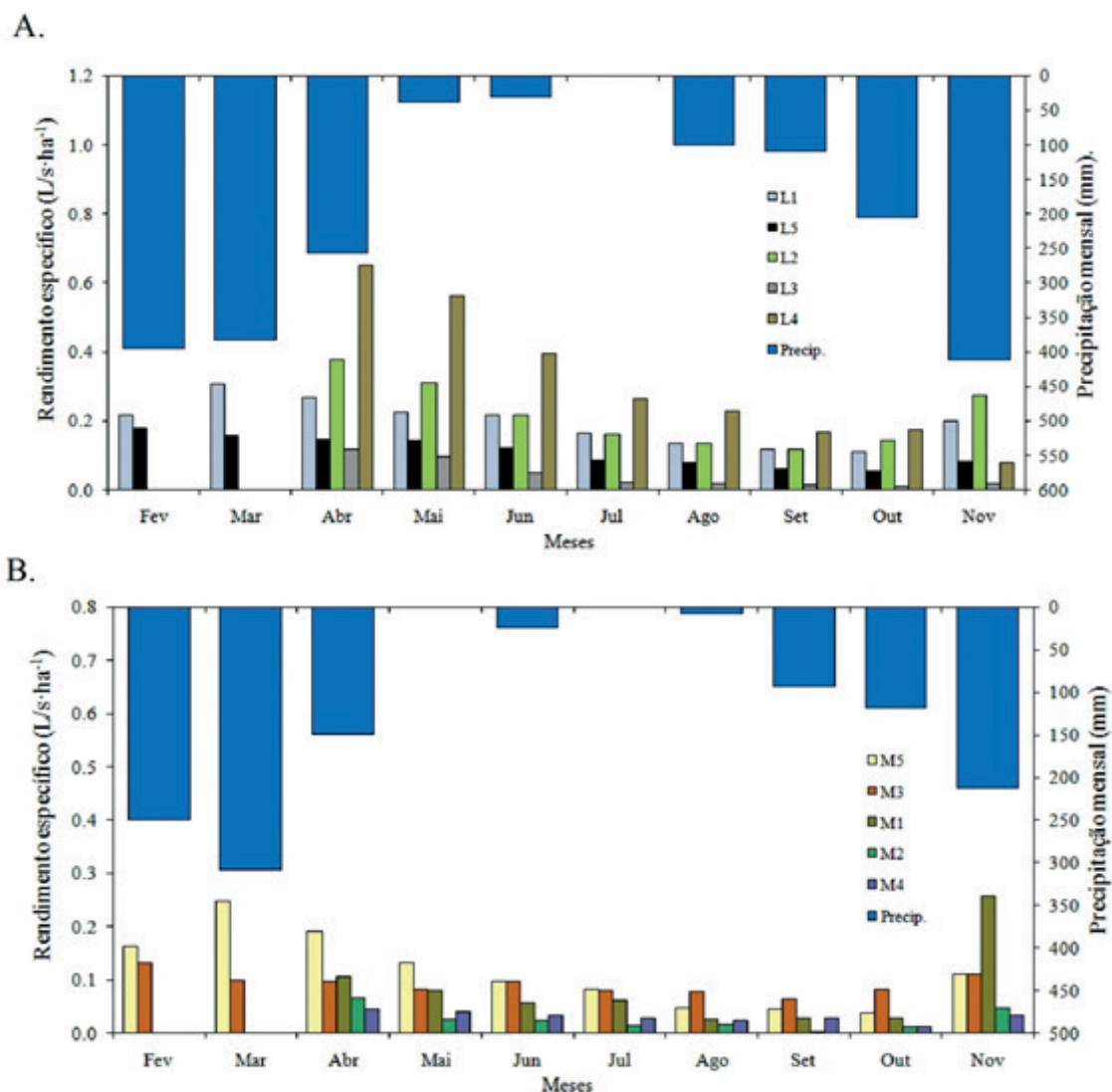
De maneira geral, não foi possível identificar qual das características relacionadas (uso e ocupação ou declividade) causou maior interferência na manutenção vazão das nascentes ao longo do ano.

### **Rendimento específico (RE) das nascentes**

A Figura 3 ilustra o comportamento temporal do RE das nascentes da SRL e SRM, associados aos eventos de precipitação mensal.

Verifica-se que existem relações importantes entre as condições de uso e ocupação do solo, característica topográfica e manejo do solo com o RE das nascentes, sendo a capacidade de produção d'água por unidade de área muito variável em conformidade com cada ambiente. Especificamente em relação à SRL, as áreas de recarga das nascentes compostas por mata (L2 e L4) apresentaram maiores valores de RE quando comparadas às áreas compostas por pastagem. Com relação às áreas de recarga da SRM, observou-se que as precipitações que ocorreram no período de fevereiro a novembro, na maioria dos casos, proporcionaram uma resposta rápida na elevação da capacidade de produção d'água pelas nascentes, o que pode ser explicado pelo fato de essa sub-bacia apresentar menores índices de declividade quando comparada à SRL, fato que proporciona melhores condições de recarga dos aquíferos subterrâneos ao longo do ano.

**Figura 3.** Rendimento específico (RE) apresentado pelas nascentes na SRL (A) e SRM (B), no período de Fevereiro a Novembro de 2008.



Fonte: Os autores (2009).

A resposta rápida ou lenta às precipitações na recuperação da capacidade de produção d’água pelas nascentes depende, principalmente, das condições iniciais de umidade do solo (ÁVILA; MELLO; SILVA, 2010; ÁVILA et al., 2014), da sua textura, estrutura, profundidade, cobertura vegetal, da intensidade das precipitações, das condições de relevo, das condições físico-hídricas do solo (MELLO et al., 2007; MELLO; SILVA, 2013), dentre outros, pois são estes os mecanismos que armazenam e distribuem a água vinda das precipitações.

### Deflúvio das nascentes

A Tabela 7 apresenta o deflúvio total em volume (L), lâmina (mm) e a vazão média diária (L dia<sup>-1</sup>) para o período monitorado.

**Tabela 7.** Deflúvio total em volume (L), lâmina (mm) e vazão média diária do período (L/dia) das nascentes monitoradas.

Sub-bacia hidrográfica	Nascente	Deflúvio (L)	Deflúvio (mm)	Vazão média diária (L dia <sup>-1</sup> )
Ribeirão Lavrinha	L1	25271540,29	349,2	115924,50
	L2	8631310,79	355,8	42518,77
	L3	655402,82	75,5	3228,59
	L4	30857283,19	599,9	129652,45
	L5	20196549,55	231,1	77381,42
Ribeirão Marcela	M1	26064914,68	98,9	128398,59
	M2	3401727,01	32,5	19438,44
	M3	15159667,98	165,8	69860,22
	M4	3710534,56	51,6	18100,17
	M5	15493931,02	183,4	71400,60

**Fonte:** Os autores (2009).

Pode-se observar que para a SRL, a área de recarga relativa à nascente L4 (5,14 ha, composta por pastagem, mata nativa e eucaliptos) apresentou o maior valor de deflúvio (599,9 mm), enquanto o menor valor (75,5 mm) foi para a área relativa à nascente L3 (0,87 ha, composto por pastagem). Para a SRM, a área de recarga da nascente M5 (8,45 ha, composto por mata nativa, pastagem e milho) resultou no maior valor de deflúvio (183,4 mm), enquanto a área de recarga da nascente M2 (10,47 ha, composto por milho e regeneração natural) resultou no menor valor de deflúvio (32,5 mm).

Pinto et al. (2004) realizaram a caracterização das nascentes perenes da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz e de suas áreas de recarga. Os autores concluíram que as maiores áreas de recarga não mostraram correlação com as maiores vazões das nascentes. Esses resultados mostram a importância da caracterização das nascentes para a compreensão dos fenômenos que ocorrem nelas.

De maneira geral, não foi possível observar relação entre as dimensões das áreas de recarga, o uso e ocupação do solo e a declividade dos terrenos, com o deflúvio anual das nascentes monitoradas. Entretanto, observou-se diferença em termos de produção de água das nascentes nas duas sub-bacias, que está relacionada à diferenciação do regime pluviométrico das regiões.

## Conclusões

Verificou-se grande variabilidade espacial e temporal das vazões das nascentes ao longo do ano de 2008.

As duas sub-bacias hidrográficas monitoradas apresentaram grandes diferenças em termos de produção d'água em suas nascentes, podendo estas diferenças ser atribuídas ao regime pluviométrico de cada localidade.

## Hydrological characterization of watersheds in Alto Rio Grande region, Minas Gerais State

### Abstract

Hydrology characterization of springs associated with the local dynamics has shown itself as an important tool for water resources management. This study was conducted at Lavrinha Creek Watershed and Marcela Creek Watershed located in Alto Rio Grande Basin, an environment with different physiographical conditions. These watersheds are inserted in the Planning Units for Management of Water Resources of Alto Rio Grande Basin (UPGRH-GD1) of Minas Gerais State. The morphometric characterization of recharge areas was performed as well as hydrological modeling of flow rates and land use maps, at 10 springs located inside Lavrinha and Marcela creeks' watersheds. High spatial and temporal variability of flow rate values were observed during the 2008 year. Both watersheds monitored revealed large difference on water production by their springs, being this difference attributed to the rainfall regime at each location.

**Keywords:** Watershed management. Morphometric characteristics. SIG.

### Referências

ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do Rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.33, n. 2, p. 117-127, 2003. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9821>>. Acesso em: 19 set. 2009.

ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M. Continuidade e distribuição espacial da umidade do solo em bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.12, p. 1257-1266, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n12/02.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2015.

ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R.; PINTO, L. C.; SILVA, A. M. PARTIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL EM UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA OCUPADA POR MATA ATLÂNTICA NA SERRA DA MANTIQUEIRA, MG. **Ciência Florestal**, v.24, n.3, p. 583-595, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cflo/v24n3/0103-9954-cflo-24-03-00583.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

BESKOW, S.; MELLO, C. R.; NORTON, L. D. ; CURI, N.; VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil, using distributed modeling. **Catena**, v.79, p. 49-59, 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816209001088>>. Acesso em: 01 mar. 2011.

CASTRO, P.; LOPES, J. D. S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: CPT, 2001. 84 p.

DAVIDE, A. C.; PINTO, L. V. A.; MONNERAT, P. F.; BOTELHO, S. A. **Nascente**: o verdadeiro tesouro da propriedade rural: o que fazer para conservar as nascentes nas propriedades rurais. Lavras: UFLA/CEMIG, 2002. 20 p.



DEWANDEL, B.; LACHASSAGNE, P.; BAKALOWICZ, M.; WENG, P. H.; AL-MALKI, A. Evaluation of aquifer thickness by analysing recession hydrographs. Application to the Oman ophiolite had-rock aquifer. **Journal of Hydrology**, v. 274, p. 248-269, 2002. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169402004183>>. Acesso em: 10 mar. 2008.

GOMES, N. M.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; FARIA, M. A.; OLIVEIRA, P. M. Métodos de ajuste e modelos de semivariograma aplicados ao estudo da variabilidade espacial de atributos físico-hídricos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p. 435-443, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n3/a03v31n3.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2009.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A. **Escoamento de nascentes associado à variabilidade espacial de atributos físicos e uso do solo em uma bacia hidrográfica de cabeceira do Rio Grande, MG**. 2006. 84f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Lavras, Lavras, 2006. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3365/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_Escoamento%20de%20nascentes%20associado%20%C3%A0%20variabilidade%20espacial%20de%20atributos%20f%C3%ADsicos%20e%20uso%20do%20solo%20em%20uma%20bacia%20hidrogr%C3%A1fica%20de%20cabeceira...pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3365/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Escoamento%20de%20nascentes%20associado%20%C3%A0%20variabilidade%20espacial%20de%20atributos%20f%C3%ADsicos%20e%20uso%20do%20solo%20em%20uma%20bacia%20hidrogr%C3%A1fica%20de%20cabeceira...pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2009.

MELLO, C. R.; GOMES, N. M.; SILVA, A. M.; JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A. Modelagem de atributos físico-hídricos do solo numa bacia hidrográfica da região do Alto Rio Grande, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p. 845-852, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n5/a02v31n5.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2009.

MELLO, C. R.; NORTON, L. D.; CURI, N.; YANAGI, S. N. M. Sea surface temperature (SST) and rainfall erosivity in the Upper Grande River Basin, Southeast Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v.36, p. 53-59, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v36n1/07.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2014.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia**: princípios e aplicações em sistemas agrícolas. Lavras: UFLA, 2013. p. 33-72.

MENEZES, M. D.; JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; CURI, N.; MARQUES, J.J. Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha – Serra da Mantiqueira (MG). **Scientia Forestalis**, v. 37, p. 175-184, 2009. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr82/cap07.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2008.

PINTO, L. C.; MELLO, C. R.; FERREIRA, D. F.; ÁVILA, L. F. Water quality index in two land use situations in the Mantiqueira Range. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, p. 338-342, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v37n4/v37n4a07.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2014.

PINTO, L. C.; MELLO, C. R.; OWENS, P. R.; NORTON, L. D.; CURI, N. Role of Inceptisols in the hydrology of mountainous catchments in Southeastern Brazil. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 21, n. 2, p. 1-10, 2015. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29HE.1943-5584.0001275>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, n.65, p.197-206, 2004. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr65/cap19.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2015.

RIBEIRO, K. T.; FREITAS, L. Impactos potenciais das alterações no Código Florestal sobre a vegetação de campos rupestres e campos de altitude. **Biota Neotropica**, v.10, p. 239-246, 2010. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n4/pt/fullpaper?bn04310042010+pt>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

SKORUPA, A. L. A.; SILVA, S. H. G.; POGGERE, G. C.; TASSINARI, D.; PINTO, L. C.; ZINN, Y. L.; CURI, N. Similar soils but different soil-forming factors: converging evolution of Inceptisols in Brazil. **Pedosphere**, v. 27, p. 747–757, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1002016017604430>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, v. 30, p. 849-857, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n5/a19v30n5.pdf> 16017604430>. Acesso em: 20 mar. 2008.

### Histórico editorial:

Submetido em: 21/11/2016

Aceito em: 11/08/2017

#### Como citar:

##### ABNT

SILVA, L. A. da; SILVA, A. M. da; COELHO, G.; PINTO, L. C.; EDUARDO, E. N. Caracterização hidrológica de nascentes de sub-bacias hidrográficas na região do Alto Rio Grande, MG. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 3, p. 105-119, jul./set. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181143>

##### APA

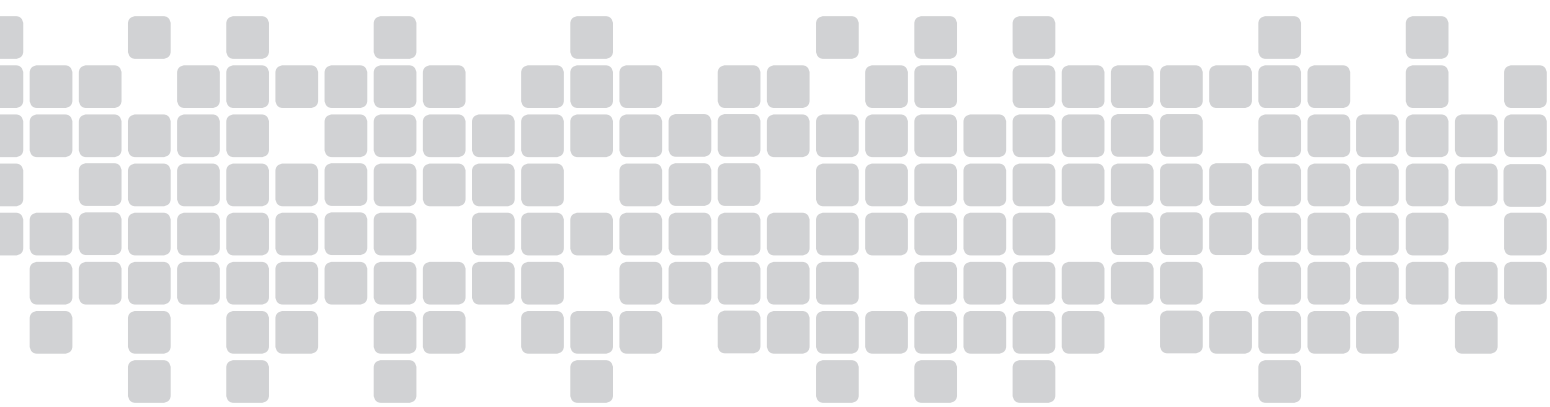
SILVA, L. A. da, SILVA, A. M. da, COELHO, G., PINTO, L. C. & EDUARDO, E. N. (2018). Caracterização hidrológica de nascentes de sub-bacias hidrográficas na região do Alto Rio Grande, MG. *Revista Agrogeoambiental*, 10 (3), 105-119. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181143>

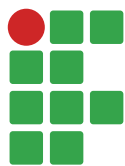
##### ISO

SILVA, L. A. da; SILVA, A. M. da; COELHO, G.; PINTO, L. C. e EDUARDO, E. N. Caracterização hidrológica de nascentes de sub-bacias hidrográficas na região do Alto Rio Grande, MG. *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 3, pp. 105-119. Eissn 2316-1817. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181143>

##### VANCOUVER

Silva LA da, Silva AM da, Coelho G, Pinto LC, Eduardo EN. Caracterização hidrológica de nascentes de sub-bacias hidrográficas na região do Alto Rio Grande, MG. *Rev agrogeoambiental*. 2018. jul./set.; 10(3): 105-119. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181143>





# Eficiencia de fungicidas frente a la incidencia de patógenos en semillas de trigo

Caio Cesar da Ros Zanette<sup>1</sup>

Jimmy Walter Rasche Alvarez<sup>2</sup>

Simeón Aguayo Trinidad<sup>3</sup>

Laura González<sup>4</sup>

Claudia Carolina Cabral Antúnez<sup>5</sup>

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia y fitotoxicidad de fungicidas químicos en el control de patógenos y su incidencia en las semillas de trigo (*Triticum aestivum*), como también sus efectos en el poder germinativo. El ensayo fue realizado en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional de Canindeyú Filial Katuete. Para el ensayo 1, se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial, factor 1: método de cultivo y el factor 2: ingrediente activo, dispuestos en 10 tratamientos y 4 repeticiones. El ensayo 2, fue con diseño completamente al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos fueron T1: Testigo sin aplicación T2: Tebuconazole 43%, T3: Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5%, T4: Carboxin 20% + Thiran 20% y T5: Carbendazim 50%. El material vegetal utilizado fue COODETEC 150 utilizando los métodos de cultivo (PDA y *Blotter test*), dejando las semillas dentro de la estufa a  $27 \pm 2$  °C durante un periodo de 8 días. Se tuvo incidencias de hongos: *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp. y *Bipolaris* sp. El tratamiento con más eficiente en el control fue el T2: Tebuconazole 43%, en cuanto a germinación el T1: Testigo alcanzó el mayor porcentaje, el en segundo puesto fue el T5: Carbendazim 50%. Para fitotóxicidad el T5: Carbendazim 50%, tuvo el menor nivel mientras que el T2: Tebuconazole 43%, presentó los niveles más altos. Los principios activos utilizados no controlaron de forma eficaz todos los patógenos que incidieron en las semillas de trigo, además causaron efectos de fitotóxicidad y disminución del poder germinativo.

**Palabras clave:** *Triticum aestivum*. Control de patógeno. Fungicidas químicos. Tratamiento de Semilla.

## Introducción

El sector trigo en el Paraguay en la actualidad durante los últimos años presentó gran crecimiento en áreas de siembra y exportación, desde el año 2003, cuando inició el programa de fortale-

1 Discente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Nacional de Canindeyú (FCAA-UNICAN). [caiodaros@hotmail.com](mailto:caiodaros@hotmail.com).

2 Docente en la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción (FCA-UNA) y en la FCAA-UNICAN. [jwrasche@yahoo.com.ar](mailto:jwrasche@yahoo.com.ar).

3 Docente en la Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional del Este (FIA-UNE) y en la FCAA-UNICAN. [aguayotrinidad@gmail.com](mailto:aguayotrinidad@gmail.com).

4 Docente en la Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional del Este (FIA-UNE) y en la FCAA-UNICAN. [lauv\\_gz@hotmail.com](mailto:lauv_gz@hotmail.com).

5 Docente en la FCA-UNA y en la FCAA-UNICAN. [claudia\\_c\\_cabral@hotmail.com](mailto:claudia_c_cabral@hotmail.com).

cimiento del cultivo de trigo, el país se dedicaba exclusivamente a la importación del grano, actualmente es considerado como el único país sub-tropical exportador de este cereal (ALARCÓN, 2011). Durante estos últimos años se logró duplicar la superficie de siembra de trigo, de 200 mil hectáreas en el 2007 se pasó a más de 500 mil hectáreas en el 2016, y se pasó de 250 mil toneladas a 1,3 millones de toneladas (CAPECO, 2016).

Existen muchos patógenos que se encuentran infestando las semillas que pueden ser fuentes de inóculos en el campo, causando serios perjuicios a los cultivos. Una forma de liminar los patógenos que se encuentran sobre la semilla es mediante el tratamiento químico de las semillas con fungicidas, buscando que estos posean baja fitotoxicidad a la semilla que se trata (PICININI; FERNANDES, 2000). Inclusive el tratamiento de semilla protege inicialmente las plantas de hongos del suelo.

Algunos de los patógenos que atacan las semillas de trigo son: *Fusarium* spp., *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *Penicillium* sp., *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp. *Rhizopus* sp., *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera tritici-repentis*. Estas especies mencionadas, dentro de la microbiota del trigo constituyen los hongos con gran frecuencia de incidencia (CARRASCO; BAEF; BELMONTE, 2009).

Chávez y Kohli (2013) evaluando semillas de trigo constataron que los hongos encontrados con mayor frecuencia en los granos en orden de importancia fueron *Curvularia* sp., *Alternaria* sp., *Helminthosporium* sp., *Fusarium* sp., *Pyricularia* sp., *Drechslera* sp., *Nigrospora* sp., *Septoria* sp., *Cladosporium* sp., *Chaetomium* sp., y *Melanospora* sp.

Cuando se desea reducir el inóculo primario o proteger a la plántula de la infección con hongos del suelo, se recomienda tratar las semillas antes de la siembra, siendo el tratamiento químico el más utilizado, toda vez que su utilización sea práctica, eficiente, de baja fitotoxicidad (GARCÍA JUNIOR et al., 2008).

Entre los ingrediente activos utilizados como fungicidas para tratamiento de semillas se encuentra el tebuconazole, que actúa en los precursores de los esteroides inhibiendo la desmetilación de estos, afectando la función de la membrana celular de los hongos (MATHRE; JOHNSTON; GREY, 2001). Latorre (1989) indica que el carbendazim es un fungicida sistémico del grupo químico de los benzimidazoles, que afecta la mitosis e inhibe la acción de la tubulina, proteína indispensable para la síntesis de los microtúbulos cromosómicos en los hongos.

La mezcla de fludioxonil con mefenoxam se utiliza para ampliar el grado de control de hongos en semillas de trigo, el fludioxonil de la clase química de phenylpyrroles, interfiere en el mecanismo de transporte en las células fúngicas que interactúan en diferentes puntos en el ciclo de vida del hongo, como la germinación conidial, tubo germinativo y el crecimiento del micelio. El mefenoxam es un fungicida sistémico recomendado para semillas de trigo, cuyo ingrediente activo inhibe la síntesis del ácido ribonucleico (ARN), por ende la síntesis de proteínas en los ribosomas (LIÑÁN; LIÑÁN, 2015).

El Carboxin actúa en la inhibición del complejo citocrómico II, en la cadena de transporte de electrones de la membrana mitocondrial de los hongos. Este complejo contribuye a la producción de energía como también regula la formación de bloques para los lípidos y los aminoácidos y el Thiram generalmente reaccionan con grupos -SH, que inhiben enzimas, interfieren con la producción de energía dentro de la célula (BITTENCOURT et al., 2007; SERIAL ADVANCED TECHNOLOGY ATTACHMENT - SATA, 2009).

El objetivo en la presente investigación fue determinar la eficiencia y fitotoxicidad de fungicidas químicos en el control de patógenos en las semillas de trigo.

## Material e métodos

El trabajo se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional de Canindeyú, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, filial Katueté, Departamento de Canindeyú, Paraguay, en el año 2016.

El experimento se dividió en dos partes: Ensayo 1. Se identificaron los patógenos y se evaluaron la incidencia, porcentaje de hongos que aparecen en las semillas de trigo de la variedad COODETEC 150, en dos métodos de cultivos: PDA (papa, dextrosa, agar) y *Blotter test*. Para el *Blotter test*, se colocaron dos discos de papel de filtro en las placas de Petri de 9 cm de diámetro, estas fueron mojadas con 5 mL de agua destilada esterilizada (NEEGAARD, 1979). También se humedeció un algodón pequeño con agua destilada esterilizada y fue colocado al borde de la placa para mantener la humedad del papel filtro). En el ensayo 2, se determinó la fitotóxicidad causada por los fungicidas en las semillas de trigo en método de cultivo (*Blotter test*).

En el ensayo 1, tratamientos de semillas con diferentes principios activos y concentración de fungicidas en dos métodos de cultivos, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, donde el primer factor fue dos métodos de cultivos (PDA y *Blotter test*) y en el ensayo 2, tratamientos de semillas con diferentes principios activos y concentración de fungicidas utilizando *Blotter test* como método de cultivo con cinco ingrediente activo (Testigo, Tebuconazole; Fludioxonil + Mefenoxam; Carboxin + Thiran; Carbendazim), totalizando diez tratamientos con 4 repeticiones (Tabla 1). Todos los ingredientes activos utilizados en el ensayo son vendidos comercialmente para tratamiento de semillas de trigo, con excepción del Tebuconazole que es utilizado en dosis de 5% en trigo.

**Tabla 1.** Tratamientos de semillas con diferentes principios activos y concentración de fungicidas en dos métodos de cultivos. Katueté, Canindeyú. Paraguay. 2016.

Tratamientos	Método de cultivo (Factor 1)	Principios activos y concentración de los fungicidas (Factor 2)	Dosis aplicada (mL 100 kg de semilla <sup>-1</sup> )
T1		Testigo	Sin aplicación
T2		Tebuconazole 43% p/v*	100 **
T3	PDA	Fludioxonil 25% p/v + Mefenoxam 37,5% p/v	100
T4		Carboxin 20% p/v + Thiran 20% p/v	200
T5		Carbendazim 50% p/v	200
T6		Testigo	Sin aplicación
T7		Tebuconazole 43% p/v	100
T8	Bloter Test	Fludioxonil 25% p/v + Mefenoxam 37,5% p/v	100
T9		Carboxin 20% p/v + Thiran 20% p/v	200
T10		Carbendazim 50% p/v	200

\*\* % p/v (Porcentaje peso a volumen): Indica el número de gramos de soluto que hay en cada 100 mL de solución.

\*Los fungicidas específicos para el tratamiento de semilla fueron aplicados en dosis recomendadas por los fabricantes en base a 100 kg de semillas.

**Fuente:** Elaboración propia (2016)

Para facilitar la aplicación de los fungicidas se utilizó un kg de semillas por cada principio activo, aplicando estos sobre las semillas en un frasco de vidrio, sin realizar dilución el agua del fungicida, posteriormente se cerró el frasco y se agitó para que las semillas fueran cubiertas por el fungicida, posteriormente, para cada tratamiento se emplearon 200 semillas de trigo distribuidas de la siguiente manera: 50 semillas por placa, totalizando 4 placas por cada tratamiento, equivalentes a 4 repeticiones por tratamiento.

Se evaluó la aparición e incidencia de patógenos en las semillas de trigo en los distintos tratamientos en los dos métodos de cultivo. La identificación de los patógenos, se realizó por medio del uso del microscopio, comparando los hongos por medio de sus formas con imágenes obtenidas por otros autores (BOTH 1971).

La incidencia de hongos se expresó en porcentaje, cuyos resultados se obtuvieron utilizando la siguiente fórmula.

$$PI = \frac{Ts - Si}{Ts} \times 100$$

Dónde:

PI = Porcentaje de incidencia;

Ts = Total de semillas;

Si = Semillas infectadas.

Los datos de la germinación se obtuvieron observando las semillas germinadas considerando como criterio de germinación la aparición visible de la radícula en cada unidad experimental. El porcentaje de germinación de cada tratamiento se obtuvo mediante la metodología y se realizó de acuerdo de Análisis de Semillas (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, 1995).

$$PG = \frac{Sg}{Ts} \times 100$$

Dónde:

PG = Porcentaje de germinación;

Sg = Número de Semillas Germinadas;

Ts = Número total de semillas.

En el ensayo 2, para determinar la fitotoxicidad causada por los fungicidas en las semillas de trigo se utilizó el método de cultivo *Blotter test*, puesto que a los ocho días de incubación los hongos que crecen en el método de cultivo PDA toman totalmente la placa de Petri, por ser un medio más propicio al crecimiento de patógenos, el cual dificultaría la retirada de las semillas de las placas de Petri para la evaluación, causando daños mecánicos en el material que perjudicaría la exactitud de los resultados.

Para el segundo ensayo se utilizó el diseño completamente al azar. La preparación del método de cultivo y de los tratamientos con fungicidas (Tabla 2) utilizado para el ensayo 2 (*Blotter test*) fue similar a la preparación realizada para el ensayo 1.



**Tabla 2.** Tratamientos de semillas con diferentes principios activos y concentración de fungicidas utilizando (*Blotter test*) como método de cultivo. Katueté, Canindeyú. Paraguay. 2016.

Tratamientos	Principios activos y concentración de los fungicidas	Dosis aplicada (mL)
T1	Testigo	Sin aplicación
T2	Tebuconazole 43% p/v*	100**
T3	Fludioxonil 25% p/v + Mefenoxam 37,5% p/v	100
T4	Carboxin 20% p/v + Thiran 20% p/v	200
T5	Carbendazim 50% p/v	200

\* % p/v (Porcentaje peso a volumen): Indica el número de gramos de soluto que hay en cada 100 mL de solución.

\*\*Los fungicidas específicos para el tratamiento de semilla fueron aplicados en dosis recomendadas por los fabricantes en base a 100 kg de semillas.

**Fuente:** Elaboración propia (2016)

Para cada tratamiento se emplearon 200 semillas de trigo distribuidas de la siguiente manera: 50 semillas por placa, totalizando 4 placas por cada tratamiento, equivalentes a 4 repeticiones por tratamiento.

Como criterio de fitotóxicidad causada por los fungicidas en las semillas de trigo en método de cultivo *Blotter test* se utilizó los criterios propuestos por Gilling et al. (2006), donde se evaluaron las características morfológicas como inhibición de la germinación, retraimiento < a 2 cm o ausencia en radícula e hipocótilo, la estimulación > 10 cm de radícula e hipocótilo y el número de semillas afectadas, después de ocho días de incubación en cada uno de los tratamientos evaluados.

Seguidamente se procedió al análisis de la presencia de fitotóxicidad en las semillas de trigo en los distintos tratamientos mediante observaciones individuales de cada unidad experimental que fueron expresadas en porcentaje (%), adaptando la fórmula de Navarro, Arruelay e Maldonado (2006), descrita a seguir:

$$Fs = \frac{Sa}{Ts} \times 100$$

Dónde:

Fs = Fitotóxicidad en las semillas;

Sa = Número de Semillas afectadas;

Ts = Número total de semillas.

Posteriormente los resultados de los tratamientos con aplicación de fungicidas se les restó los resultados obtenidos en el testigo (sin aplicación) puesto que estos no tendrán efectos de fungicidas y si de otros factores (Almacenamiento, humedad, calor, etc).

Para el análisis estadístico en el ensayo 1, se utilizó el análisis de varianza (ANAVA) para un arreglo bifactorial y para el ensayo 2 se utilizó el ANAVA para un diseño completamente al azar y cuando hubo diferencia significativa entre tratamientos se comparó las medias entre tratamientos por la prueba de Tukey al 5% y 1% de probabilidad del error. Para fines de análisis estadístico los resultados fueron transformados en  $\arcsen \sqrt{x/100}$  para disminuir el error. Se utilizó el programa Assistat.

## Resultados y discusión

En los métodos (PDA y *Blotter test*) fueron identificados los hongos *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp. y *Bipolaris* sp., el análisis de varianza demostró diferencia significativa entre los métodos de cultivo para cada patógeno analizado y diferencia entre fungicidas en el control de hongos con interacción entre estos (Tabla 3). Hubo interacción entre los métodos de cultivos y la aplicación de diferentes fungicidas en los hongos *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp. y *Bipolaris* sp. (Tabla 3).

**Tabla 3.** Valores de F y coeficiente de variación para la infestación de los hongos: *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp. y *Bipolaris* sp., evaluados con fungicidas en semillas de trigo Coodetec 150 en método de cultivo (PDA y *Blotter test*). Katueté, Canindeyú. Paraguay. 2016.

Factores	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Rhizopus</i> sp.	<i>Aspergillum</i> sp.	<i>Bipolaris</i> sp
Método de cultivo (MC)	7,5625**		7,5625**	7,5625**
Fungicidas (FUN)	4,0179**	4,0179**	4,0179**	4,0179**
Int. MC x FUN	4,0179**	2,6896*	4,0179**	4,0179**
Coef. de variación (%)				

\*Significativo (P <0,05) de probabilidad; \*\*Significativo (P <0,01) de probabilidad.

**Fuente:** Elaboración propia (2016)

Considerando que existe interacción entre los métodos de cultivos y entre los fungicidas en la incidencia de los hongos identificados se analiza la interacción entre los dos factores (Tabla 4).

**Tabla 4.** Incidencia de hongos en semillas de trigo Coodetec 150 en método de cultivo (PDA y *Blotter test*). Katueté, Canindeyú. Paraguay. 2016.

Patógenos	Testigo	Tratamientos			
		Tebuconazole 43%	Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5%	Carboxin 20% + Thiran 20%	Carbendazim 50%
..... % .....					
Método PDA					
<i>Fusarium</i> sp.	25,2 A* a	8,5 A cd	13,0 Abc	18,0 A ab	4,5 A d
<i>Aspergillus</i> sp.	11,5 A a	0,0 A c	5,0 A b	4,0 A b	2,0 A bc
<i>Rhizopus</i> sp.	16,5 A a	0,0 A c	0,0 A c	0,0 A c	10,5 A b
<i>Bipolaris</i> sp.	12,0 A a	1,5 A b	0,0 A b	1,5 A b	0,5 A b
Método <i>Blotter test</i>					
<i>Fusarium</i> sp.	14,5 B a	2,75 B c	8,0 B b	3,0 B c	1,0 B c
<i>Aspergillus</i> sp.	10,0 A a	0,0 A c	0,0 B c	0,0 B c	3,0 A b
<i>Rhizopus</i> sp.	8,5 B a	0,0 A b	0,0 A b	0,0 A b	7,5 A a
<i>Bipolaris</i> sp.	1,0 B a	0,0 A a	0,0 A a	0,0 B a	0,0 A a

\*Letras mayúsculas corresponden a las columnas donde se compara la aparición de determinado patógeno entre ambos métodos de cultivo; Letras minúsculas corresponde a las líneas, comparando diferentes tratamientos para determinado patógeno. Prueba de comparación múltiple de Tukey (5%).

**Fuente:** Elaboración propia (2016)

El género *Fusarium* sp. no fue controlado totalmente por ninguno de los fungicidas utilizados, tanto en método PDA como en *Blotter test*, sin embargo, el tratamiento Carboxin + Thiram fue el menos eficiente en su control, no habiendo diferencia del testigo en método PDA, sin embargo, en el *Blotter test* todos los fungicidas disminuyeron la incidencia de *Fusarium* sp., comparado con el testigo (Tabla 4).

El fungicida que redujo en mayor proporción la incidencia del hongo fue el de Carbendazim 50% con 4,5% de incidencia en el método PDA y 1% en *Blotter test*, difiriendo del trabajo de Cavallo et al. (2005) cuyos resultados obtenidos indicaron que Carboxin 37,5% + Thiram 37,5% fue el tratamiento que controló el mayor número de colonias de *Fusarium* sp. en el laboratorio. González (2011) sostiene que el control de *Fusarium* sp. con Tebuconazole fue inferior al 80%, sin embargo la concentración utilizada era apenas del 2%, comparado con 43% utilizado en este trabajo. Resultado similar obtuvieron García Junior et al (2008) con Tebuconazole 5%, donde este principio activo no fue eficiente en el control de *Fusarium* sp.

Según Lozano-Ramírez et al. (2006) lograr la eficacia total contra infecciones de *Fusarium* sp., en semillas de trigo es bastante difícil por método de la aplicación de tratamientos químicos, ya que las infecciones de este patógeno ocurren en un período prolongado del ciclo vital de la planta.

Hubo disminución del número de colonias fúngicas del género *Aspergillus* sp. por efecto de los diferentes fungicidas sobre el total de colonias con respecto al testigo. Cabe destacar que el control más eficiente se logró con el Tebuconazole 43% el cual inhibió totalmente este patógeno en método de cultivo (PDA), mientras que en el método de cultivo *Blotter test* aquellos tratamientos que estuvo presente el Tebuconazole 43%, Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5% y el Carboxin 20% + Thiran 20% lograron controlar la aparición del patógeno bajando la incidencia al 0%.

Los resultados obtenidos, difieren del trabajo realizado por Cavallo et al. (2005) quienes no observaron buen control de *Aspergillus* sp. por el Tebuconazole, sin embargo el mejor control se dio con el principio activo Carboxin + Thiran y Carboxin + Thiran + Carbendazim. Parakhia et al. (1998) sostienen que los fungicidas Carbendazim y Thiram fueron los que lograron inhibir completamente el crecimiento de *Aspergillus* sp en el cultivo de maní.

Respecto a la capacidad de los fungicidas para inhibir el desarrollo de colonias de *Rhizopus* sp, especie importante debido a su alta frecuencia sobre las semillas, los destacados fueron Tebuconazole 43%, Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5% y el Carboxin 20% + Thiran 20% todos con 0% de incidencia en (PDA y *Blotter test*), mientras que el Carbendazim 50% con 10,5% en (PDA) y 7,5% en *Blotter test* fue el que mostró la menor eficiencia en ambos métodos de cultivos, resultado que coincide con lo obtenido por Rasche y Soilán (2014) donde en el tratamiento con Carbendazim se presentó la mayor incidencia de *Rhizopus* sp. entre los tratamientos en semillas de tártago. Sin embargo, Bittencourt et al. (2007) no obtuvieron buenos resultados en el control de *Rhizopus* sp con la aplicación de carboxin + thiram en semillas de maní.

En relación a *Bipolaris* sp., agente causal de la *helminthosporiose*, el control realizado por fludioxonil 25% + mefenoxam 37,5% se destaca en método de cultivo (PDA) pues logró un control total, y para el método en (*Blotter test*) todos los tratamientos utilizados fueron excelentes con 0,0% de incidencia. Toledo, Reis e Forcelini (2002) sostienen que este es un patógeno que sobrevive como micelio en semillas infectadas, en este ensayo todos los fungicidas ejercieron un adecuado control en relación al testigo siendo que el método PDA es más eficiente para evaluar este hongo que el método de papel filtro. Sin embargo, Lasca et al. (2001) con el método "deep-freezer" observaron que ningún fungicida pudo controlar 100% a este patógeno, el mejor resultado obtuvo el carboxin + thiram con

2,25% frente a un testigo con 64,75% de incidencia. González (2011) obtuvo menos de 80% de control de *Bipolaris* sp con el fungicida tebuconazole.

En relación a la germinación de las semillas de trigo en los diferentes tratamientos utilizados en los dos métodos de cultivo los métodos (PDA y *Blotter test*) el análisis de varianza demostró diferencia significativa entre los métodos de cultivo y entre fungicidas para la germinación, habiendo interacción entre estos dos factores (Tabla 5).

**Tabla 5.** Valores de F calculado y coeficiente de variación para la germinación de semillas de trigo Coodetec 150 en método de cultivo (PDA y *Blotter test*), con aplicación de distintos fungicidas. Katueté, Canindeyú. Paraguay. 2016.

Factores	Germinación de semillas
Método de cultivo (MC)	7,5625**
Fungicidas (FUN)	4,0179**
Interacción MC x FUN	4,0179**
Coef. de variación (%)	2,83

\*\*Significativo (P <0,01) de probabilidad.

**Fuente:** Elaboración propia (2016)

Considerando que existe interacción entre los métodos de cultivos y entre los fungicidas en la incidencia de la germinación de semillas de trigo se analiza la interacción entre los dos factores (Tabla 6).

**Tabla 6.** Porcentaje de germinación de semillas de trigo Coodetec 150 en método de cultivo (PDA y *Blotter test*), con aplicación de distintos fungicidas. Katueté, Canindeyú. Paraguay. 2016.

Factor 2 Métodos de cultivo	Factor 1 Fungicidas				
	Testigo	Tebuconazole 43%	Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5%	Carboxin 20% + Thiran 20%	Carbendazim 50%
	Germinación de semillas				
	..... % .....				
PDA	97,7 Aa*	89,7 Ab	94,5 Aab	96,0 Aa	95,0 A ab
<i>Blotter test</i>	96,7 Aa	82,5 Bc	82,5 Bc	88,0 Bb	91,5 Aab

\* Letras mayúsculas corresponden a las columnas donde se compara la diferencia mínima significativa para la germinación entre los métodos de cultivos. Letras minúsculas corresponde a las líneas, comparando la germinación entre los tratamientos con fungicidas. Prueba de comparación múltiple de Tukey (5%).

**Fuente:** Elaboración propia (2016)

Los métodos de cultivo presentaron diferencia estadística en relación al porcentaje de germinación en tres de los cinco tratamientos, siendo ellos el Tebuconazole 43% (89,7% PDA y 82,5% *Blotter test*), Fludioxonil 25% + mfenoxam 37,5% (94,5% PDA y 82,5% *Blotter test*) y el Carboxin 20% + Thiran 20% (96% PDA y 88% *Blotter test*).

En cuanto a los tratamientos con fungicidas, se puede observar que en el método de cultivo PDA hubo mayor porcentaje de germinación en semillas en el testigo con 97,7%, el cual no Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5%, el Carboxin 20% + Thiran 20% y el Carbendazim 50%, El

tratamiento con Tebuconazole 43%, en método PDA con 89,7% de germinación presentó menor germinación que el testigo.

Para el método de cultivo en *Blotter test* nuevamente el testigo fue el que presentó el mayor porcentaje de germinación con 96,7% sin presentar diferencia estadística al Carbendazim 50% con 91,6%, que a su vez no difiere estadísticamente del Carboxin 20% + Thiran 20% con 88% de germinación y los tratamientos con menor germinación de semillas fueron donde se aplicó Tebuconazole 43%, y Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5% ambos con 82,5% de germinación (Tabla 6).

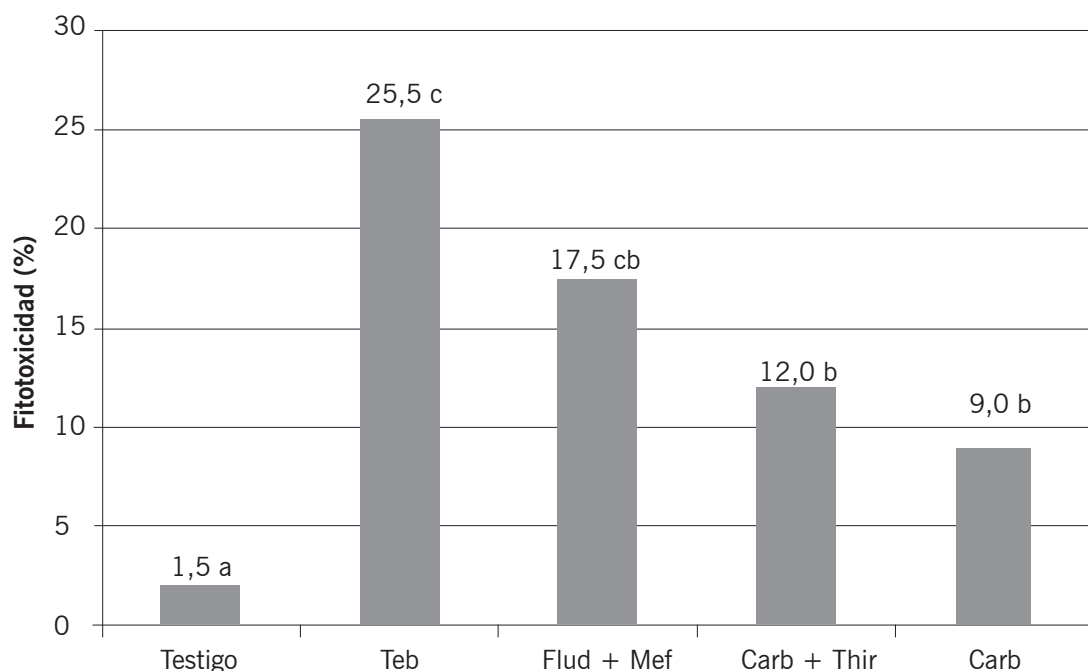
Como se puede observar en los dos métodos de cultivos se destaca el mayor porcentaje de germinación en los testigos. Reis y Casa (1988) mencionan que a veces el tratamiento químico de semillas puede mejorar el porcentaje de germinación de un lote de semillas y afirma que el mejor producto para desempeñar esta tarea es el Thiran. También Lasca et al. (2001) mencionan que el Thiran presentó 98% y el Carboxin + Thiram 96,5% de emergencia en semillas de trigo, hecho que no se observó en esta investigación de la cual resulta coherente con el trabajo realizado por Balardin y Loch (1987) donde en semillas de avena tratadas con Thiran, se pudo observar la reducción en el poder germinativo y en el tamaño del coleóptilo y de la radícula frente al testigo.

En un estudio realizado por Garcia Júnior; Vechiato, Menten (2008) los mismos indican que el Tebuconazole y el Fludioxonil, presentan un comportamiento similar al testigo en cuanto al porcentaje de germinación de semillas de trigo con valores de 80% y 84% de semillas germinadas frente al testigo que alcanzó 85%.

Analizando la fitotoxicidad causada por los principios activos en las semillas de trigo en método de cultivo *Blotter test* se observa que los fungicidas utilizados causaron alteraciones considerables en las características morfológicas de las mismas (Figura 1).

Según el análisis de varianza hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos, siendo el T2 Tebuconazole 43% (25,50%) con el mayor porcentaje de fitotoxicidad comparado con los demás tratamientos pero sin diferencia estadística con el T3 Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37,5% (17,50%) que a su vez fue el siguiente tratamiento con mayor porcentaje; mientras que el T5 Carbendazim 50% (9%) fue el tratamiento que menos causó daños por fitotoxicidad a las semillas de trigo aunque no tuvo diferencia estadísticas con el T4 Carboxin 20% + Thiran 20% y T3 Fludioxonil 25% + mefenoxam 37,5%.

**Figura 1.** Fitotóxicidad causada por los fungicidas Teb (Tebuconazole); Flud + Mef (Fludioxonil + Mefenoxam); Carb + Thir (Carboxin + Thiran) y Carb (Carbendazim) en las semillas de trigo en método de cultivo (*Blotter test*). Katueté, Canindeyú. Paraguay. 2016.



**Fuente:** Elaboración propia (2016)

La alta toxicidad observada en el Tebuconazole posiblemente se deba a la concentración de esta, generalmente en trabajos donde no se ha observado toxicidad de Tebuconazole en la semilla de trigo la concentración era del 2% al 6%, muy inferior al utilizado en este trabajo que es del 43% que es la concentración del producto utilizado para el tratamiento de semilla en el cultivo de soja, sin embargo el control de las enfermedades fúngicas fueron similares al testigo (GARCÍA JUNIOR et al., 2008; GONZÁLEZ, 2011). Lozano-Ramírez et al. (2006) observaron que la mezcla de Thiram + Tebuconazole redujo el porcentaje de germinación de trigo. Los resultados encontrados en el presente trabajo se contradice con el trabajo realizado por Lenz et al. (2008) donde evaluaron efectos fitotóxicos de diferentes dosis de fungicidas entre ellos Carboxin + Thiram, aplicados en semillas de arroz, y no observaron efectos fitotóxicos de los fungicidas testados.

El tebuconazole es un principio activo de amplio espectro, de acción con efectos reguladores del crecimiento, pudiendo retrasar el desarrollo de la planta (FÜHR, 1986), por eso es importante realizar pruebas preliminares para identificar posibles efectos fitotóxicos en las semillas causados por el tratamiento químico (WARHAM; BUTLER; SULTON, 1997).

## Conclusiones

Las especies asociadas a las semillas de trigo fueron *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp. y *Bipolaris* sp.

Los principios activos utilizados en esta investigación no controlaron de forma eficaz todos los patógenos que incidieron en las semillas de trigo, además causaron efectos de fitotóxicidad y disminución del poder germinativo.

El Tebuconazole 43% es el tratamiento que controló el mayor número de colonias fúngicas en las semillas de trigo, en contra partida, disminuyó la calidad fisiológica de las semillas, presentando el nivel más alto de fitotóxicidad; mientras que el Carbendazim 50% fue el tratamiento que menos causó daños por fitotóxicidad a las semillas de trigo.

## Efficiency of fungicides against the incidence of pathogens in wheat seeds

### Abstract

The objective of this work was to evaluate the efficiency and phytotoxicity of chemical fungicides in pathogens control and their incidence in wheat seeds (*Triticum aestivum*), as well as their effects on germination. The experiment was carried out in the laboratory of the Faculty of Agronomic Engineering of the National University of Canindeyú, Katuete. For experiment 1, we used the completely randomized design with factorial arrangement, factor 1: culture medium and factor 2: five fungicides, arranged in 10 treatments and 4 replicates. Experiment 2 was completely randomized with 5 treatments and 4 replicates. The treatments were T1: Control without application; T2: Tebuconazole 43%. T3: Fludioxonil 25% + Mefenoxam 37.5%. T4: Carboxin 20% + Thiran 20% and T5: Carbendazim 50%. The plant material used was COODETEC 150 using the culture media (PDA and *Blotter test*), leaving the seeds inside the stove at  $27 \pm 2$  °C during a period of 8 days. There were occurrences of fungi: *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp., and *B. sorokiniana*. The most efficient active ingredient treatment in the control was the T2: Tebuconazole 43%; as for germination the T1: Witness reached the highest percentage; the second place was the T5: Carbendazim 50%. For phytotoxicity T5: Carbendazim 50 % had the lowest level, while T2: Tebuconazole 43% had the highest levels. The active ingredients used did not effectively control all pathogens that affected the wheat seeds, and also caused phytotoxicity and decreased germinate.

**Keywords:** *Triticum aestivum*. Chemical fungicides. Pathogen control. Seed treatment.

### Referencias

ALARCÓN, L. E. **El cultivo del trigo en el Paraguay**. Editora el lector. Asunción, Paraguay, 2011. 198. p. 21-46.-

BALARDIN, R. S.; LOCH, C. L. Efeito de thiram sobre a germinação de sementes de centeio e aveia. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 9, n. 1, 1987. p. 113-117. Disponível em: <<https://www.agro-link.com.br/downloads/88340.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

BITTENCOURT, S. R.; MENTEN, J. O.; ARAKI, C. A.; MORAES, M. H.; RUGAI, A.; DIEGUEZ, M. J.; VIEIRA, R. Eficiência do fungicida carboxin + thiram no tratamento de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 29, n. 2, 2007. p. 214-222. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v29n2/v29n2a28.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

BOTH, C. **The genus Fusarium**. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, 1971. p. 143-149.



CÁMARA PARAGUAYA DE EXPORTADORES Y COMERCIALIZADORES DE CEREALES Y OLEAGINOSAS (CAPECO). **Trigo:** área de siembra, producción y rendimiento. 2016. Disponible em: <<http://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/>>. Acceso em: 26 out. 2016.

CARRASCO, N.; BAEZ, A.; BELMONTE, M. L. **Trigo:** manual de campo. 2 ed. Ediciones INTA. Buenos Aires. Argentina, 2009. p 18-21. Disponible em: <[http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual\\_trigo\\_rian.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual_trigo_rian.pdf)>. Acceso em: 10 jan. 2017.

CAVALLO, A. R.; NOVO, R. J.; PÉREZ, M. A. Eficiencia de fungicidas en el control de la flora fúngica transportada por semillas de maní (*Arachis hypogaea* L.) en la Argentina. **Agriscientia**, n. 22, v. 1, 2005. p. 9-16. Disponible em: <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/view/2674/1902>>. Acceso em: 10 jan. 2017.

CHÁVEZ, A.; KOHLI, M. Identificación de hongos presentes en la punta negra de trigo. **Investigación Agraria**, San Lorenzo, n. 15, v. 2, 2013. p. 133-137. Disponible em: <<http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/229/225>>. Acceso em: 20 mar. 2017.

FÜHR, F. Uptake and Translocation of Carbon-14-Labeled Fungicides in Cereals. Macro and Microautoradiographic Studies. In: GREEN, M. B.; SPILKER, D. A. (eds). **Fungicide Chemistry. Advances and Practical Applications**. Washington DC: American Chemical Society, 1986. p. 53-71.

GARCIA JÚNIOR, D.; VECHIATO, M. H.; MENTEN, J. O. M. Efeito de fungicidas no controle de *Fusarium graminearum*, germinação, emergência e altura de plântulas em sementes de trigo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, n. 34, v. 3, 2008, p. 280-283. Disponible em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v34n3/18.pdf>>. Acceso em: 13 nov. 2016.

GILLING, P.; PÉREZ, Y.; ALBEAR, E.; ANDRÉS, I.; RODRÍGUEZ, S.; BROWN, A. Evaluación de la toxicidad de un lodo anaerobio en plantas terrestres. **Revista científica**. n. 1, v. 1, p. 12-17. 2006. Disponible em: <<http://www.ilustrados.com/tema/8615/Evaluacion-Toxicidad-lodo-anaerobio-plantas-terrestres.html>>. Acceso em: 14 mar. 2017.

GONZÁLEZ, S. Patología de semillas en trigo y cebada. In: PEREYRA, S.; ACKERMANN, M. D. de; GERMÁN, S.; CABRERA, K. (eds.). **Manejo de enfermedades en trigo y cebada**. Montevideo – Uruguay: INIA, 2011. p 63-74. Disponible em: <<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7585/1/UY.INIA.ST.189.p.63-73-GONZALEZ.pdf>>. Acceso em: 20 mar. 2017.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of vigor test methods**. 2. ed. Zurich, Suiza, 1995. p. 51-65.

LASCA, C. C.; KRUPPA, P. C.; BARROS, B. C.; SCHIMIDT, J. R.; CHIBA, S. Controle de *Pyricularia grisea* e *Bipolaris sorokiniana* em sementes de trigo mediante tratamento com fungicidas. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, n. 8, v. 1, p. 55-63. 2001. Disponible em: <<http://revistas.bvs-vet.org.br/arqib/article/view/25853/26741>>. Acceso em: 20 mar. 2017.

LATORRE, G. B. **Fungicidas y nematocidas, avances y aplicabilidad**. Santiago, Chile: Publicación de la Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1989. p. 137-145. (Colección en Agricultura).

LENZ, G.; COSTA, I. D. da; ZEMOLIN, C. R.; KARKOW, D.; ARRUE, M. A.; BAYER, S. T. Fitotoxicidade de fungicidas aplicados em sementes de arroz (*Oryza sativa*). **Revista da FZVA**. Uruguiana, n. 15, v. 2, p. 53-60. 2008. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/2455/3889>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

LIÑÁN, C. C. de; LIÑÁN, C. V. de. **Vademécum de Productos Fitosanitarios y Nutricionales**. 31. ed. Ediciones Agrotecnicas, Málaga, España, 2015. p. 512-516.

LOZANO-RAMÍREZ, N.; MEZZALAMA, M.; CARBALLO-CARBALLO, A.; HERNÁNDEZ-LIVERA, A. Efectos de fungicidas en la calidad fisiológica de la semilla de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) y su eficacia en el control de *Fusarium graminearum* Schwabe [*Gibberella zeae* (Schwein.) Petch.] y *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker [*Cochliobolus sativus* S. Ito y Kurib.]. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 24, n. 2, p. 115-121. 2006. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61224205>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

MATHRE, D. E.; JOHNSTON, R. H.; GREY, W. E. **Small Grain Cereal Seed Treatment**. The Plant Health Instructor. 2001. DOI: 10.1094/PHI-I-2001-1008-01. Disponível em: <<http://www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/Pages/CerealSeedTreatment.aspx>>. Acesso em: 05 mar. 2017.

NAVARRO, A. R.; ARRUETAY, R.; MALDONADO, M. Determinación del efecto de diferentes compuestos através de ensayos de fitotoxicidad usando semillas de lechuga, escarola y achicoria. **Revista de toxicología**, n. 23, p. 125-129. 2006. Disponível em: <<http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/hemeroteca/vol23-23/129-289-1-SM.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2017.

NEEGAARD, P. **Seed Pathology: Principles of Control**. Londres, Inglaterra: Editor Macmillan Press Ltd, 1979. p. 839, v. 1: Part III.

PARAKHIA, A. M.; AKBARI, L. F.; JUGNU, A.; VAISHNAV, M. U. Comparative evaluation of bio-agents and seed dressing fungicides against *Aspergillus niger* causing collar rot of groundnut. **Gujarat Agricultural University Research Journal**, n. 23, v. 2, p. 61-65, 1998.

PICININI, E. C.; FERNANDES, J. M. C. Contrôles das doenças de trigo. In: CUNHA, G. R.; BACALT-CHUK, B. **Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Assembleia Legislativa. Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo, 2000. p. 225-253. (Série Culturas, n. 2). Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/820367/1/ID8598LV0313.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2017.

RASCHE, A. J. W.; SOILÁN, D. L. C. Eficiencia de fungicidas químicos en el control de patógenos en semillas de tártago. In: CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS AGRARIAS. 3., 2014. **Memorias**. San Lorenzo, Paraguay. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, 2014. 4 p.

REIS, E. M.; CASA, R. T. **Patologia de sementes de cereais de inverno**. Passo Fundo. Aldeia Norte, 1988. p. 37-40.

SERIAL ADVANCED TECHNOLOGY ATTACHMENT (SATA). **La guía para la protección y nutrición vegetal**. Uruguay. 2009. Disponível em: <<http://www.laguiasata.com/producto-tiram-64>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

TOLEDO, J.; REIS, E. M.; FORCELINI, C. A. Comparação de métodos para detecção de *Bipolaris sorokiniana* em sementes de cevada. **Fitopatologia brasileira**, n. 27, 2002. p. 389-394. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/fb/v27n4/a09v27n4.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

WARHAM, E. J.; BUTLER, L. D.; SUTTON, R. C. **Ensayos para la semilla de maíz y de trigo: Manual de laboratorio**. Mexico, DF (Mexico): CIMMYT, 1997. p. 75-82.

### Histórico editorial:

Submetido em: 04/12/2016

Aceito em: 17/07/2017

Como citar:

#### ABNT

ZANETTE, C. C. R.; ALVAREZ J. W. R.; TRINIDAD S. A.; GONZÁLEZ, L.; ANTÚNEZ, C. C. C. Eficiencia de fungicidas frente a la incidencia de patógenos en semillas de trigo. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 3, p. 121-134, jul./set. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181215>

#### APA

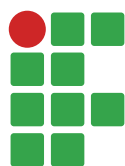
ZANETTE, C. C. R., ALVAREZ, J. W. R.; TRINIDAD S. A.; GONZÁLEZ, L. & ANTÚNEZ, C. C. C. (2018). Eficiencia de fungicidas frente a la incidencia de patógenos en semillas de trigo. *Revista Agrogeoambiental*, 10 (3), 121-134. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181215>

#### ISO

ZANETTE, C. C. R.; ALVAREZ J. W. R.; TRINIDAD, S. A.; GONZÁLEZ, L. e ANTÚNEZ, C. C. C. Eficiencia de fungicidas frente a la incidencia de patógenos en semillas de trigo). *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 3, pp. 121-134. Eissn 2316-1817. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181215>

#### VANCOUVER

Zanette CCR, Alvarez JWR, Trinidad SA, González L, Antúnez CCC. Eficiencia de fungicidas frente a la incidencia de patógenos en semillas de trigo. *Rev agrogeoambiental*. 2018. jul./set.; 10(3): 121-134. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181215>



# Sources and dosages of Nitrogen applied with urea coated with polymers in Marandu Palisade Grass

Fábio Janoni Carvalho<sup>1</sup>

Renata Bernardes Elias<sup>2</sup>

Adriane de Andrade Silva<sup>3</sup>

Thiago Souza Campos<sup>4</sup>

## Abstract

Nitrogen is one of the most important nutrients for the production of forage grasses, and the most expensive one. The scope of this research was to evaluate the application of four sources of urea (conventional and coated with polymers) under different dosages, in mass production and nitrogen content and absorption from two cuts of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. The experiment was conducted at a greenhouse in a randomized block design. The fertilizers used were conventional urea, urea covered with a polymer layer, urea covered with sulfur and urea covered with a boron and copper compound. The dosages used were 30, 60, 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen. Fresh and dry mass, root weight and nitrogen content from first and second harvest were evaluated. On the first harvest, there was no significant difference between the treatments for the variables analyzed. On the other hand, second harvest presented difference in fresh and dry mass and nitrogen content. Regression analyses showed a linear increase with all fertilizers used, but this growth was more accentuated for the polymerized fonts. All polymerized ureas allowed higher mass production for Marandu palisade-grass, at tillering and second cut. Foliar nitrogen availability of polymerized ureas did not differ from conventional urea, being recommended to reach pastures with higher quality and productions and to decrease nitrogen losses on the system.

**Keywords:** *Brachiaria brizantha*. Stabilization technologies. Sulfur polymer.

## Introduction

Forage grasses represent plants of economic interest. Species from the gender *Brachiaria* are used in tropical countries as an option to pastures formation, because of the adaptability to different environmental conditions and facility in pasture's management (EUCLIDES et al., 2014). Marandu palisadegrass (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) is a perennial forage grass with cespitose growth habit, forming clumps up to one meter in diameter and tillers with 1.5 meter of height. It has horizontal, short, tough and curved rhizomes. It has deep roots, which help them to survive along dry periods (FONTES et al., 2014).

1 Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba, Engenheiro Agrônomo. [fabiojanoni@ufu.br](mailto:fabiojanoni@ufu.br). Rua João Batista Ribeiro, 4000 - Distrito Industrial II, Uberaba (MG), 38064-790.

2 Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, graduada em Agronomia. [renata25@ufu.br](mailto:renata25@ufu.br).

3 Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, docente. [adriane@iciag.ufu.br](mailto:adriane@iciag.ufu.br).

4 Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias. graduado em Agronomia. [thiagocamposagr@gmail.com](mailto:thiagocamposagr@gmail.com).

Nitrogen is one of the most important nutrients for the production of forage grasses, and the most expensive one. With the correct application, it can increase the amount of protein and the quality of the graze (PINHEIRO et al., 2014). The lack of nitrogen in plant provokes the yellowing of older leaves, decreasing photosynthesis's rate. Therefore, low productivity rates can be the result of an inappropriate nitrogen fertilization (GÄRDENÄSA et al., 2011).

Methodologies optimizing the application and efficiency of nitrogenous fertilizers have increased in the last years. These techniques can increase efficiency according to two groups: slow release fertilizers (covered, encapsulated, insoluble or slowly soluble in water) and stabilized fertilizers (nitrification inhibitor or urease inhibitors). Slow release fertilizers can also be divided in two more groups: condensation compounds of urea (low solubility and slow release) and encapsulated or coated products (controlled release) (CANTARELLA, 2007).

In general, the choice of a nitrogenous fertilizer is based on the cost of nitrogen by unit and by the availability and efficiency from the source (KERING et al., 2011). The most sold fertilizers in the market are urea, ammonium nitrate and ammonium sulphate. Urea [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ] is a solid granulated fertilizer with around 45% of nitrogen in the amide form. The advantages of urea are high concentration of nitrogen and low costs of fabrication, transportation, storage and application. However, it has disadvantages like higher hygroscopicity and volatility compared to other sources (HALVORSON; BARTOLO, 2014).

Technological efforts have been made to help the losses of ammonia from volatility, like coating urea with sulfur, new polymers and urease inhibitors (RUZEKA et al., 2014). Polymers are long chains of repeated structural units called monomers. Each polymer behaves differently to encapsulation, varying its release, which may be controlled by humidity or temperature (THAPA et al., 2015). The use of coated urea with polymers is a strategy that has been widely tested because encapsulated sources have a slow release compared to conventional soluble sources (FIGUEIREDO et al., 2012).

Considering the importance of nitrogen fertilization, as well as their topdressing for a quality pasture formation, this study had the aim of evaluate the effect from application of four sources of urea (conventional and coated with polymers) under different dosages, in mass production, root weight and nitrogen content at two cuts of *B. brizantha* cv. Marandu.

## Material and methods

The study was conducted in a greenhouse of Universidade Federal de Uberlândia, at 18.885° S and 48.259° W. The experiment design was a randomized block design (RBD) in a 4 x 4 + 1 factorial (fertilizers x dosages) and three blocks. The fertilizers used were conventional urea, urea covered with a polymer layer, urea covered with sulfur, and urea covered with a boron and copper compound. All the fertilizers had the same amount of nitrogen (45% of N). The dosages used were 30; 60; 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen at planting and coverage. An additional control without any application of nitrogen was added to the experiment.

The soil used was an Oxisol, medium texture, compound by 423 g kg<sup>-1</sup> of gravel, 205 g kg<sup>-1</sup> of fine sand, 36 g kg<sup>-1</sup> of silt and 336 g kg<sup>-1</sup> of clay. The pH in water was 5.8; content of available phosphorus of 1.7 mg dm<sup>-3</sup>; available potassium of 21 mg dm<sup>-3</sup>; sulfur of 9 mg dm<sup>-3</sup>; organic matter of 21.0 mg dm<sup>-3</sup> and saturation of bases of 75%. It was performed a correction with single superphosphate in soil, equivalent to 120 kg ha<sup>-1</sup> before sowing.

Sowing was conducted with 25 seeds of *B. brizantha* cv. Marandu per pot. Each pot contained 0.3 kg dm<sup>-3</sup> of soil and was drilled in the bottom to remove water excess. The thinning was made twenty days after sowing, letting 4 plants per pot. A cut of 10 cm height was held in 30 days after sowing. Topdressing was superficial without incorporation, after the first cut. Irrigation was carried out in an interval of two days, throughout the experiment with the help of tensiometers. The second cut was held at 60 days after sowing.

After cut, the leaf blades and other components were weighed in a precision balance to calculate the fresh mass production. Then, they were dried in a kiln at 65 °C and removed when it got constant mass. After drying, the samples were weighed for dry mass production calculation (SILVA, 2009). A leaf analysis was also conducted in order to determine the nitrogen content with two newly expanded leaves of the plant, according to Kuhinara, Maeda e Alvarez (2005) methodology. At the end of the experiment (second cut), the plants were removed, separating vegetative portion from the roots, and then they were weighted separately. The leaves and roots were also dried in a kiln at 65 °C for dry mass calculation.

For normality of residuals and homogeneity of variances Shapiro Wilk and Levene's tests were performed, respectively ( $p$ -value=0.05). Analysis of variance (ANOVA) was performed with 0.01 of significance. In case of significant difference, Tukey's test was used to compare the means at 0.05 of significance. Dunnett's test was performed to compare treatments with the additional control. Regression analysis was performed for the dosages. R software was used to run the statistics.

## Results and discussion

On first cut, there was no significant difference between the treatments for the variables analyzed (Table 1). The fonts of urea did not differ from the control either, just for nitrogen content. For initial development of *B. brizantha*, there was no interference from the polymers or the dosage of urea. However, the treatments differed from the control in nitrogen content, showing the importance of a correct adubation for the plants. Alexandrino et al. (2004) demonstrated how important nitrogen is to leaf appearance and elongation rate in *B. brizantha*.

**Table 1.** Analyses of variance for fresh and dry mass, nitrogen content and root weight of two cuts of *B. brizantha* submitted to dosages of nitrogen fertilizers.

Source of variation	df	Green mass		Dry mass		Nitrogen content		Root weight
		1 <sup>st</sup> cut	2 <sup>nd</sup> cut	1 <sup>st</sup> cut	2 <sup>nd</sup> cut	1 <sup>st</sup> cut	2 <sup>nd</sup> cut	
		<i>Mean square</i>						
Fertilizer	3	0.77 <sup>ns</sup>	32.77 <sup>ns</sup>	0.91 <sup>ns</sup>	2.84 <sup>ns</sup>	37.39 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	480.27 <sup>ns</sup>
Dosage	3	1.99 <sup>ns</sup>	2.77 <sup>ns</sup>	5.52 <sup>ns</sup>	2.54 <sup>ns</sup>	21.02 <sup>ns</sup>	0.83 <sup>**</sup>	304.08 <sup>ns</sup>
Interaction	15	1.99 <sup>ns</sup>	51.73 <sup>**</sup>	13.87 <sup>ns</sup>	12.01 <sup>**</sup>	34.28 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	156.70 <sup>ns</sup>
Factors x Control	1	0.18 <sup>ns</sup>	1027.78 <sup>**</sup>	12.01 <sup>ns</sup>	31.38 <sup>**</sup>	37.77 <sup>**</sup>	24.45 <sup>**</sup>	218.43 <sup>ns</sup>
Residual	32	0.87	14.79	7.455	1.813	24.88	0.08	138.43
CV (%)		8.21	14.94	29.95	28.56	26.20	7.33	34.00

\*\* Significant at 1% probability; <sup>ns</sup> Not significant; *df*: degrees of freedom; CV: Coefficient of variation.

**Source:** Elaborated by the authors (2017).



On the other hand, second cut presented difference in fresh and dry mass. Dunnett's test showed difference between all treatments compared to control, which was expected (Table 2). Nitrogen fertilization is a strategy that allows increase of volume density of forage, and especially leaves production, due more leaf emergence and elongation, elevating dry mass production (FRAME et al., 2013). Despite increase of mass with the treatments, no difference was detected in root weight. Radicular system of *Brachiaria* is more affected by potassium and phosphorus than nitrogen (COSTA et al., 2009).

**Table 2.** Fresh and dry mass from second cut of *B. brizantha* cv. Marandu under application of different polymerized fertilizers.

Fertilizer	Fresh mass (g pot <sup>-1</sup> )	Dry mass (g pot <sup>-1</sup> )
Conventional urea	23.90 b	6.95 b
Covered with polymer	29.00 a	13.35 a
Covered with sulfur	29.09 a	15.20 a
Covered with boron and copper	28.92 a	14.97 a
No urea	8.32*	4.32*

Means, followed by the same small letters in columns do not differ significantly by Tukey's test ( $p$ -value  $\leq 0.05$ ). \*Control differs from treatments by Dunnett's test ( $p$ -value  $\leq 0.05$ ).

**Source:** Elaborated by the authors (2017).

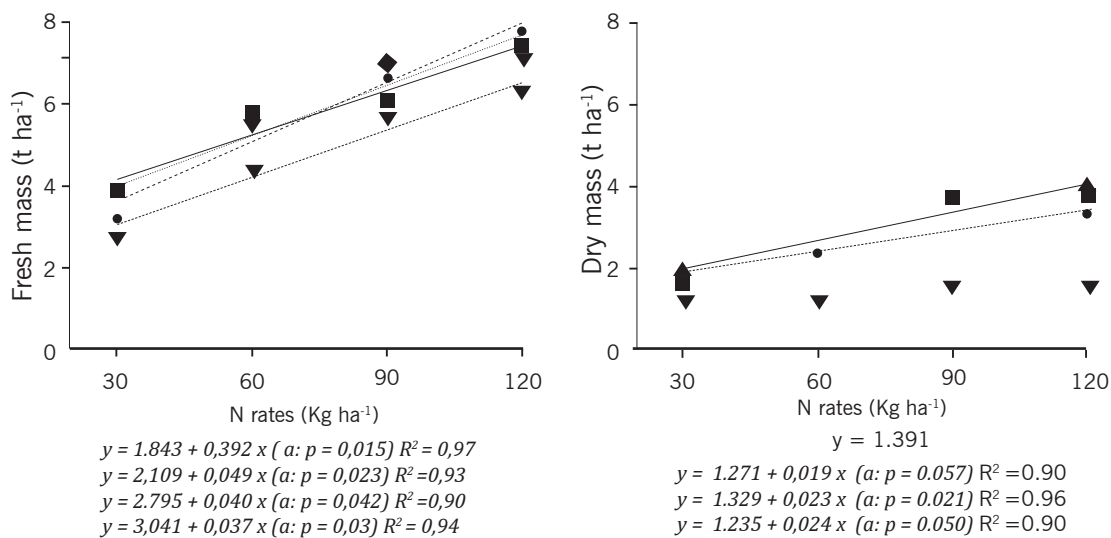
Independently of the type of polymerized urea, Tukey's test revealed increase on plant mass when compared to conventional urea, showing that when urea is retested, the chances of losses for ambience are decreased, confirming the remarks of Ruzeka et al. (2014). Regression analyses (Figure 1) adjusted a linear increase for all fertilizers used; however, this rise was more accentuated for the polymerized fonts. Other authors found the same effects with the rise of urea dosages in Marandu palisadegrass (PRIMAVESI et al., 2006; COSTA et al., 2009). The content of mass in coated ureas duplicated from the smallest to the highest dosage used, and the high coefficients of determination from the equations confirm how responsive Marandu palisadegrass was to the rise of nitrogen availability. Even if conventional urea had raised fresh mass content too, it was not observed difference for dry mass content.

For the first cut, the content of nitrogen in all treatments were statistically equal (17.15 g kg<sup>-1</sup>) differing only from the control (9.37 g kg<sup>-1</sup>). All coated ureas had the same behavior than conventional urea for nitrogen foliar assimilation. That information proved that these fonts are well absorbed by the plant, and their slowly liberation did not affect nitrogen availability for plant on current planting. The most worrying scenario for coated ureas is when their slow liberation do not provide the correct nitrogen quantity (SILVA et al., 2012). Besides that, all coated ureas provided more mass production, essential for a good pasture. Farruggia et al. (2014) revealed nitrogen content and mass production are the most important attributes for quality pasture.

Second cut showed the same difference, but dosage increase adjusted to a linear regression (Figure 2). Same linear positive effect was observed by Fagundes et al. (2006) with *Brachiaria decumbens*. However, some authors report having found that Marandu palisadegrass was sensible to higher increase of nitrogen (ALEXANDRINO et al., 2004, 2010), that was not observed in our study nonetheless.

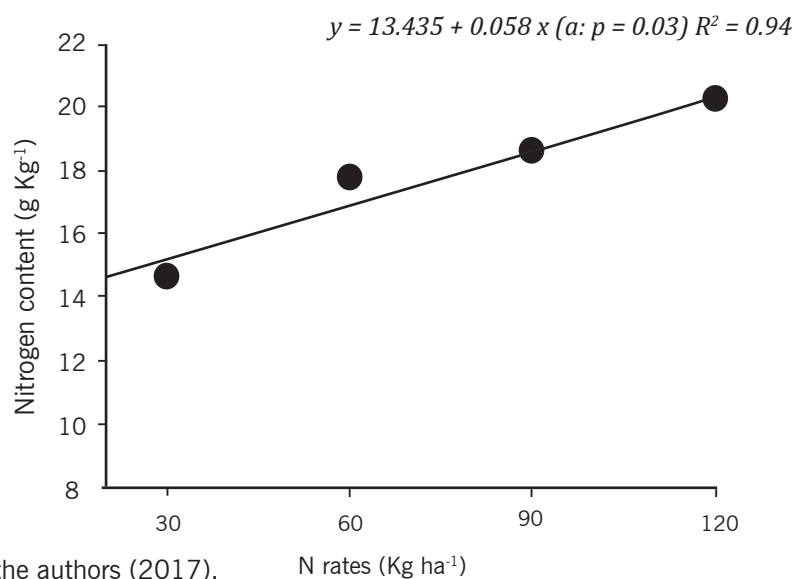


**Figure 1.** Fresh and dry mass of *B. brizantha* cv. Marandu submitted to different rates four types of urea (--- conventional urea; • urea covered with a polymer layer; - - - urea covered with sulfur; - ■ - urea covered with a boron and copper compound).



Source: Elaborated by the authors (2017).

**Figure 2.** Foliar nitrogen content from second cut of *B. brizantha* cv. Marandu submitted to dosages of urea fertilizers.



Source: Elaborated by the authors (2017).

Polymerized ureas were never used on Marandu palisadegrass, and this work shows that they have promising ways to improve the pasture quality throughout the year. Recent works of Queiroz et al. (2011) and Silva et al. (2012) showed same results with conventional urea and polymerized for the development of *Zea mays*; however polymerized urea was still recommended because of its long term effects.

## Conclusion

All polymerized ureas allowed higher mass production for Marandu palisadegrass at tillering and second cut. Foliar nitrogen availability of polymerized ureas did not differ from conventional urea, being recommended to reach pastures with higher quality and productions and to decrease nitrogen losses on the system. Future studies need to be performed to evaluate the effects on a Marandu palisadegrass pasture all year long.

## Fontes e doses de nitrogênio aplicadas com ureia revestida por polímeros no capim Marandu

### Resumo

O nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes para a produção de gramíneas forrageiras e também o mais caro. Objetivou-se avaliar a aplicação de quatro fontes e quatro doses de ureia na produção de forragem e teor de nitrogênio na *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. O experimento foi conduzido em casa de vegetação. Os fertilizantes utilizados foram ureia convencional, ureia revestida por camada de polímero, ureia revestida com enxofre e ureia revestida com composto de boro e cobre. As doses utilizadas foram 30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. A massa verde e seca, peso de raízes e teor de nitrogênio no primeiro e segundo cortes foram avaliados. No primeiro corte, não houve diferença entre os tratamentos. Por outro lado, o segundo corte apresentou diferença no teor de nitrogênio e na produção de forragem. O aumento linear ocorreu em todos os fertilizantes utilizados, sendo mais acentuado nas fontes revestidas. Ureias polimerizadas permitiram maior produção de massa para o capim Marandu, especialmente para o perfilhamento e para o segundo corte. O conteúdo de nitrogênio foliar das ureias polimerizadas não diferiu da ureia convencional, sendo recomendadas para obtenção de pastagens com maior qualidade e produção além de auxiliar na redução de perdas de nitrogênio no sistema.

**Palavras-chave:** *Brachiaria brizantha*. Tecnologias de estabilização. Polímero de enxofre.

## References

- ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; MOSQUIN, P. R.; REGAZZI, A. J.; ROCHA, F. C. Características Morfogênicas e Estruturais na Rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu Submetida a Três Doses de Nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1372-1379, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v33n6/a03v33n6>>. Acesso em: 06 set. 2017.
- ALEXANDRINO, E.; VAZ, R. G. M. V.; SANTOS, A. C. Características da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 886-893, 2010. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7226/6608>>. Acesso em: 06 set. 2017.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 375-470.
- COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V.; SILVA, G. P.; SEVERIANO, E. C. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1578-1585, 2009. Disponível em: <doi: 10.1590/S1413-70542009000600017>. Acesso em: 06 set. 2017.
- EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A.; NANTES, N. N. Manejo de pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, p. 808-818, 2014. Disponível em: <doi: 10.1590/0034-737x201461000006>. Acesso em: 06 set. 2017.
- FARRUGGIA, A.; POMIES, D.; COPPA, M.; FERLAY, A.; VERDIER-METZ, I.; MORVAN, A. L.; BETHIER, A.; POMPANON, F.; TROQUIER, O.; MARTIN, B. Animal performances, pasture biodiversity and dairy product quality: How it works in contrasted mountain grazing systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 185, p. 231-244, 2014. Disponível em: <doi: 10.1016/j.agee.2014.01.001>. Acesso em: 06 set. 2017.
- FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; MISTURA, C.; MORAIS, R. V.; VITOR, C. M. T.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; CASAGRANDE, D. R.; COSTA, L. T. Características morfológicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 21-29, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v35n1/28338.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2017.
- FIGUEIREDO, C. C.; BARBOSA, D. V.; OLIVEIRA, A. S.; FAGIOLI, M.; SATO, J. H. Adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos de milho. **Revista Ciência Agrônômica**, Ceará, v. 43, n. 3, p. 446-452, 2012. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/1953/195322286005>>. Acesso em: 06 set. 2017.
- FONTES, J. G. G.; FAGUNDES, J. L.; BACKES, A. A.; BARBOSA, L. T.; CERQUEIRA, E. S. A.; SILVA, L. M.; MORAIS, J. A.; VIEIRA, J. S. Acúmulo de massa seca em cultivares de *Brachiaria brizantha* submetida a intensidades de desfolhação. **Semina**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1425-1438, 2014. Disponível em: <doi: 10.5433/1679-0359.2014v35n3p1425>. Acesso em: 06 set. 2017.

FRAME, W. H.; ALLEY, M. M.; THOMASON, W.; WHITEHURST, G. B.; WHITEHURST, B. M.; CAMPBELL, R. Agronomic Evaluation of Coated Urea to Reduce Ammonia Volatilization From Side-Dress Applications to Corn. **Crop Management**, v. 12, n. 1, 2013. Disponível em: <doi:10.1094/CM-2013-0117-01-RS>. Acesso em: 06 set. 2017.

GÄRDENÄSA, A. I.; ÅGRENB, G. I.; BIRDC, J. A.; CLARHOLMD, M.; HALLINE, S.; INESONF, P.; KÄTTERERG, T.; KNICKERH, H.; NILSSONG, S. I.; NÄSHOLMI, T.; OGLEJ, S.; PAUSTIANJ, K.; PERSSONB, T.; STENDAHLA, J. Knowledge gaps in soil carbon and nitrogen interactions – From molecular to global scale. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 4, n. 4, p. 702-717, 2011. Disponível em: <doi: 10.1016/j.soilbio.2010.04.006>. Acesso em: 06 set. 2017.

HALVORSON, A. D.; BARTOLO, M. E. Nitrogen Source and Rate Effects on Irrigated Corn Yields and Nitrogen-Use Efficiency. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 2, p. 681-693, 2014. Disponível em: <doi:10.2134/agronj2013.0001>. Acesso em: 06 set. 2017.

KERING, M. K.; BUTLER, T. J.; BIERMACHER, J. T.; GURETZKY, J. A. Biomass Yield and Nutrient Removal Rates of Perennial Grasses under Nitrogen Fertilization. **BioEnergy Research**, v. 5, n. 1, p. 61-70, 2011. Disponível em: <doi: 10.1007/s12155-011-9167-x>. Acesso em: 06 set. 2017.

KUHINARA, C. H.; MAEDA, S.; ALVAREZ, V. H. V. **Interpretação de resultados de Análise Foliar**. Dourados: Embrapa Florestas, 2005.

PINHEIRO, A. A.; CECATO, U.; LINS, T. O. D. J.; BELONI, T.; PIOTTO, V. C.; RIBEIRO, O. L. Produção e valor nutritivo da forragem, e desempenho de bovinos Nelore em pastagem de capim-Tanzânia adubado com nitrogênio ou consorciado com estilosantes Campo Grande. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p. 2147-2158, 2014. Disponível em: <doi: 10.5433/1679-0359.2014v35n4p2147>. Acesso em: 06 set. 2017.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 562-568, 2006. Disponível em: < https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/47424/1/PROCI2006.00020.pdf>. Acesso em: 06 set. 2017.

QUEIROZ, A.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2011. Disponível em: <doi: 10.18512/1980-6477/rbms.v10n3p257-266>. Acesso em: 06 set. 2017.

RUZEKA, L.; RUZKOVÁB, M.; BECKAC, D.; VORISEKA, K.; SIMKAC, J. Effects of Conventional and Stabilized Urea Fertilizers on Soil Biological Status. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 45, n. 17, p. 2363-2372, 2014. Disponível em: <doi: 10.1080/00103624.2014.912294>. Acesso em: 06 set. 2017.

SILVA, F. C. D. S. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, A. A.; SILVA, T. S.; VASCONCELOS, A. C. P.; LANA R. M. Q. Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 104-111, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13242/8354>>. Acesso em: 06 set. 2017.

THAPA, R.; CHATTERJEEA, A.; JOHNSONB, J. M. F.; AWALEA, R. Stabilized Nitrogen Fertilizers and Application Rate Influence Nitrogen Losses under Rainfed Spring Wheat. **Agronomy Journal**, v. 15, n. 1, p. 1-12, 2015. Disponível em: <doi: 10.2134/agronj15.0081>. Acesso em: 06 set. 2017.

### Histórico editorial:

Submetido em: 17/03/2017

Aceito em: 15/09/2017

Como citar:

#### ABNT

CARVALHO, F. J.; ELIAS, R. B.; SILVA, A. A.; CAMPOS, T. S. Sources and dosages of Nitrogen applied with urea coated with polymers in Marandu Palisade Grass. **Revista Agrogeoambiental**. Pouso Alegre, v. 10, n. 3, p. 135-143, jul./set. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181189>

#### APA

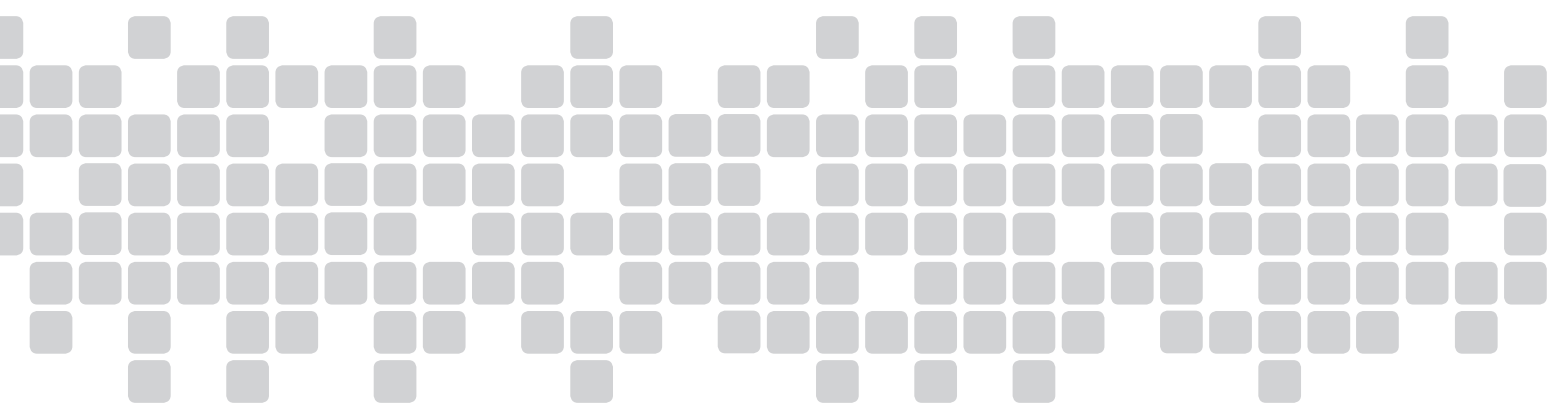
CARVALHO, F. J., ELIAS, R. B., SILVA, A. A. & CAMPOS, T. S. (2018). Sources and dosages of Nitrogen applied with urea coated with polymers in Marandu Palisade Grass. *Revista Agrogeoambiental*, 10 (3), 135-143. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181189>

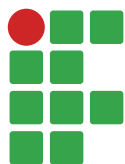
#### ISO

CARVALHO, F. J.; ELIAS, R. B.; SILVA, A. A. e CAMPOS, T. S. Sources and dosages of Nitrogen applied with urea coated with polymers in Marandu Palisade Grass. *Revista Agrogeoambiental*, 2018, vol. 10, n. 3, pp. 135-143. Eissn 2316-1817. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181189>

#### VANCOUVER

Carvalho FJ, Elias RB, Silva AA, Campos TS. Sources and dosages of Nitrogen applied with urea coated with polymers in Marandu Palisade Grass. *Rev agrogeoambiental*. 2018 jul/set; 10(3): 135-143. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181189>





# Diretrizes para autores

A Revista Agrogeoambiental publica apenas trabalhos originais e inéditos, que não estejam aguardando avaliação, revisão ou publicação por outro periódico. O trabalho pode ser submetido em qualquer época do ano através da plataforma on-line e, se aprovado, poderá ser publicado em uma das edições regulares da revista, que são disponibilizadas nos meses de março, junho, setembro e dezembro.

## Tipos de trabalho

Artigo Científico: Trata-se de um relato completo de trabalho experimental. O texto deve representar processo de investigação científica coesa e propiciar seu entendimento, com exposição coerente das informações, de modo a possibilitar a reprodução do experimento. Deve ter entre 11 e 15 páginas.

Short Communication: Trata-se de um relato completo, porém mais conciso. Deve possuir os mesmos critérios de qualidade e relevância que o artigo científico e representar uma contribuição significativa para as áreas de abrangência do periódico. Deve ter entre 08 e 10 páginas.

Revisão bibliográfica: Trata-se da abordagem do estado da arte ou visão crítica de assuntos de interesse e relevância para a comunidade científica da área de abrangência do periódico. As discussões devem abordar os trabalhos mais relevantes e atuais da área. As submissões estão temporariamente suspensas.

## Apresentação

- Documento odt (Open Document) ou doc (Microsoft Word 1997-2003).
- Páginas em tamanho A4.
- Todas as margens de 3 cm. Não numerada, sem cabeçalhos e/ou rodapés.
- Fonte Times New Roman, corpo 12, espaçamento simples entre linhas.
- O texto deve ser escrito em uma única coluna.

## Estrutura e Organização

As seções mais comuns que compõem o artigo científico estão especificadas abaixo

- Título: Máximo de quinze palavras em letras minúsculas (exceto pela primeira letra).
- Subtítulos: Margem esquerda, com destaque em negrito, a numeração é opcional.
- Autoria: Serão aceitos, no máximo, seis autores por artigo e a Indicação de Autoria deve ser feita, conforme o modelo abaixo:

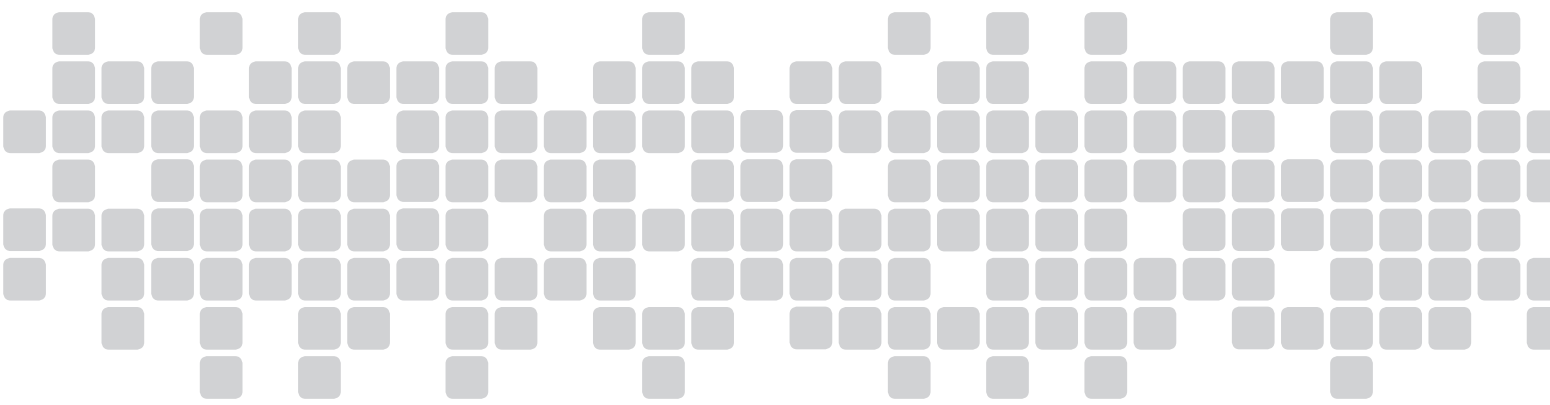
Nome completo do autor. Instituição, vínculo com a instituição (se houver). Cidade, estado e país de atuação profissional. E-mail. Telefone. Endereço para correspondência.

(Em trabalhos com dois ou mais autores, especificar a instituição, o vínculo institucional e o e-mail dos coautores.)



- **Resumo:** Com no máximo 250 palavras, deve ser coerente e apresentar o objetivo do trabalho.
- **Palavras-chave:** De três a seis palavras-chave, separadas por ponto final.
- **Introdução:** Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.
- **Material e métodos:** Deve apresentar a descrição do local, a data, o delineamento do experimento, indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental. Devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.
- **Resultados e discussão:** Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos. As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.
- **Conclusão:** Deve apresentar as novas descobertas da pesquisa, sem comentários adicionais com verbos no presente do indicativo.
- **Agradecimentos:** Se houver, devem ser claros e objetivos, contendo o motivo do agradecimento.
- **Referências:** Devem seguir a NBR 6023:2002 da ABNT.
- **Normas bibliográficas:** Organize o artigo conforme as seguintes normas da ABNT:
  - > NBR 6023:2002 a referências bibliográficas.
  - > NBR 10520:2002 a sistema autor/data de citação no corpo do texto de referências bibliográficas.
- Opcional
  - > NBR 6028:2003 a como elaborar resumos.

Para informações mais detalhadas acesse: <http://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br>



**DIAGRAMAÇÃO:**



Várzea Paulista - SP  
Fone: (11) 4493 - 0665  
atendimento@mwci.com.br  
www.mwci.com.br