

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
organizadores

PESQUISAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

Volume III



Pantanal Editora
2021

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizador(es)

Pesquisas Agrárias e Ambientais

Volume III



Pantanal Editora

2021

Copyright© Pantanal Editora
Copyright do Texto© 2021 Os Autores
Copyright da Edição© 2021 Pantanal Editora
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo
Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera
Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora

Edição de Arte: A editora. Imagens de capa e contra-capas: Canva.com

Revisão: O(s) autor(es), organizador(es) e a editora

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – OAB/PB
- Profa. Msc. Adriana Flávia Neu – Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
- Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – IF SUDESTE MG
- Profa. Msc. Aris Verdecia Peña – Facultad de Medicina (Cuba)
- Profa. Arisleidis Chapman Verdecia – ISCM (Cuba)
- Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo - UEA
- Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu – UNEMAT
- Prof. Dr. Carlos Nick – UFV
- Prof. Dr. Claudio Silveira Maia – AJES
- Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – UFGD
- Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva – UEMS
- Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos – IFPA
- Prof. Msc. David Chacon Alvarez – UNICENTRO
- Prof. Dr. Denis Silva Nogueira – IFMT
- Profa. Dra. Denise Silva Nogueira – UFMG
- Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão – URCA
- Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves – ISEPAM-FAETEC
- Prof. Me. Ernane Rosa Martins – IFG
- Prof. Dr. Fábio Steiner – UEMS
- Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez (Colômbia)
- Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles – UNAM (Peru)
- Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira – IFRR
- Prof. Msc. Javier Revilla Armesto – UCG (México)
- Prof. Msc. João Camilo Sevilla – Mun. Rio de Janeiro
- Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales – UNMSM (Peru)
- Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski – UFMT
- Prof. Msc. Lucas R. Oliveira – Mun. de Chap. do Sul
- Prof. Dr. Leandris Argente-Martínez – Tec-NM (México)
- Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan – Consultório em Santa Maria
- Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior – UEG
- Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla – UNAM (Peru)
- Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira – SEDUC/PA
- Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira – IFPA
- Profa. Dra. Patrícia Maurer
- Profa. Msc. Queila Pahim da Silva – IFB
- Prof. Dr. Rafael Chapman Auty – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – UFMS
- Prof. Dr. Raphael Reis da Silva – UFPI
- Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo – UEMA
- Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca – UFPI

- Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira – FURG
- Profa. Dra. Yilan Fung Boix – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Esp. Camila Alves Pereira
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
P472	<p>Pesquisas agrárias e ambientais [recurso eletrônico] : volume III / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2021. 93p.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-65-88319-48-2 DOI https://doi.org/10.46420/9786588319482</p> <p>1. Agricultura. 2. Meio ambiente. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González.</p> <p style="text-align: right;">CDD 630</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

O conteúdo dos e-books e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do(s) autor (es) e não representam necessariamente a opinião da Pantanal Editora. Os e-books e/ou capítulos foram previamente submetidos à avaliação pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação. O download e o compartilhamento das obras são permitidos desde que sejam citadas devidamente, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais, exceto se houver autorização por escrito dos autores de cada capítulo ou e-book com a anuência dos editores da Pantanal Editora.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000. Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
 Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

APRESENTAÇÃO

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume III” é a continuação dos e-books Volume I e II com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: desafios e estratégias da fitorremediação no meio ambiente, composição de óleo essencial das folhas de *Qualea grandiflora* e *Qualea multiflora* Mart. e antileishmanial, eventos extremos e o clima no semestre de janeiro a junho de 2020, comportamento reprodutivo e aspectos ecológicos das árvores de um remansescentes em Bandeirantes - PR, maximizando o retorno do investimento em projetos florestais no Norte de Minas Gerais, elementos conceituais da importância dos biofertilizantes líquidos para a agroecologia e análises de anéis etários em escamas e vértebras do peixe *Brycon falcatus*. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e do ambiente, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais Volume III, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este e-book possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera

SUMÁRIO

Apresentação	4
Capítulo I	6
Desafios e Estratégias da Fitorremediação no Meio Ambiente.....	6
Capítulo II	18
Composition of the essential oil of leaves <i>Qualea grandiflora</i> and <i>Qualea multiflora</i> Mart. and antileishmanial activities	18
Capítulo III	28
Resumo dos eventos extremos e o clima no semestre de janeiro a junho de 2020	28
Capítulo IV	40
Comportamento reprodutivo e aspectos ecológicos das árvores de um remanescente florestal no município de Bandeirantes/PR	40
Capítulo V	49
Maximizando o retorno do investimento em projetos florestais no Norte de Minas Gerais: análise econômica a partir da rotação florestal	49
Capítulo VI	64
Elementos conceituais para a compreensão da importância dos biofertilizantes líquidos para a agroecologia.....	64
Capítulo VII	76
Análise de anéis etários em escamas e vértebras do peixe <i>Brycon falcatus</i> (Müller & Troschel, 1844) no Rio Teles Pires, Amazônia Meridional	76
Índice Remissivo	92
Sobre os organizadores	93

Capítulo I

Desafios e Estratégias da Fitorremediação no Meio Ambiente

Recebido em: 25/11/2020

Aceito em: 26/11/2020

 10.46420/9786588319482cap1

Manassés dos Santos Silva^{1*} 

Hirlanda Brito Farias de Souza² 

Jacqueline de Brito Bispo² 

Naiala da Hora Góes² 

Táise Conceição Rodrigues³ 

Layanna Rebouças de Santana Cerqueira² 

Adriele Nascimento Santana² 

Ivana Amorim Dias⁴ 

INTRODUÇÃO

Fatores inerentes ao aumento da ação antrópica, atrelado ao avanço do desenvolvimento econômico promovem constantemente modificações no ambiente. Essas alterações resultam em uma maior degradação dos sistemas terrestres, sobretudo, ao que se refere a áreas agrícolas devido ao consumo excessivo de agrotóxicos e fertilizantes (Oorts, 2013).

A contaminação de solos com elementos e compostos químicos tóxicos em decorrência da deposição e/ou derrame, seja de forma proposital ou acidental, tem se destacado entre os impactos ambientais. Os resíduos oriundos de atividades agrícolas, industriais, domésticas ou atmosféricas têm tornando a superfície terrestre mais susceptível, ocasionando alterações que modificam os atributos naturais do solo, propiciando impactos e restringindo seus usos (Kuiper et al., 2004).

A ausência de cuidados dessas alterações necessita de ações mitigadoras, principalmente para as que configuram danos irremediáveis e prejudiciais aos ecossistemas. O ambiente que tenha sido contaminado deve ser remediado de modo que reduza os níveis de contaminação e regresse à condição ambiental de forma apropriada (Monteiro, 2008).

A remediação de áreas poluídas é uma responsabilidade social associado a legislações que deve ser executada, além da aplicação de diferentes medidas de contenção e tratamento dos contaminantes

¹ Biotecnologista. Biólogo. Mestre em Recursos Genéticos Vegetais. Universidade Estadual de Feira Santana (UEFS), Avenida Transnordestina, s/n, Bairro Novo Horizonte, 44.036-900, Feira de Santana, Bahia, Brasil.

² Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Rua Rui Barbosa, 710, Centro, 44.380-000, Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

³ Universidade Federal de Sergipe (UFS), Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Else, 49.100-000, São Cristóvão, Sergipe, Brasil

⁴ Universidade Federal do Paraná (UFPR), Rua XV de Novembro, 1299, Centro, 80.060-000, Curitiba, Paraná, Brasil.

*Autor (a) correspondente: manasses.tec@hotmail.com

para o saneamento da área (Procópio, 2009). A remediação pode ser aplicada em inúmeras tecnologias que envolvem processos químicos, físicos ou biológicos (Accioly et al., 2000).

De modo geral o processo de descontaminação do solo é um procedimento lento, progressivo e dispendioso. Todavia, existem técnicas que abrangem o sistema solo-planta-contaminante no qual visam à minimização ou degradação dos níveis de toxidez contidos no solo (Jadia et al., 2009; Mariano et al., 2012). Dentre essas técnicas de remediação de solos destaca-se a Fitorremediação.

A Fitorremediação visa à aceleração da retirada de compostos tóxicos do solo, promovendo sua depuração através do uso de espécies vegetais (Cunningham et al., 1996). Além disso, a mesma atua no reestabelecimento da estrutura e ecologia do solo por meio da ampliação da quantidade de carbono orgânico tal como o aumento da porosidade e infiltração de água no solo reduzindo os processos erosivos (Merkl et al., 2006).

A utilização de plantas como elemento remediador é uma ferramenta que detém melhor relação custo e benefício, sobretudo para a sua implantação, além de promover maior facilidade na manipulação de espécies vegetais, diminuição dos impactos ambientais e reaproveitamento dos recursos (Souza et al., 2016; Uebel et al., 2017).

Para a obtenção de maior eficácia na aplicação da Fitorremediação, devem-se selecionar espécies que detenham uma maior aptidão de extração dos contaminantes, com grande desenvolvimento, alta produção de biomassa, sistema radicular extenso e fácil domínio (Leal et al., 2013).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é discutir e elucidar algumas informações sobre a utilização da Fitorremediação em áreas contaminadas, assim como estratégias a serem tomadas e desafios enfrentados no panorama atual.

A FITORREMEDIAÇÃO COMO ALTERNATIVA PARA REMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

As atividades humanas são geradoras de uma grande quantidade de resíduos tóxicos, que podem afetar diretamente os ecossistemas. As principais razões para a deterioração do solo e contaminação dos lençóis freáticos são os metais pesados, que por sua vez estão relacionados com o uso intensivo e inadequado de agrotóxicos oriundos de atividades agroindustriais e de mineração (Malavolta, 1994).

Contudo, alguns dos principais metais como cobre, zinco e níquel, são elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, porém, em concentrações inadequadas podem provocar danos (Gohre et al., 2006; Malavolta, 2008). Elementos como o chumbo e cádmio são tóxicos mesmo em quantidades muito pequenas, além dos agrotóxicos e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (Costa et al., 2008; Jacques et al., 2007; Gonçalves Júnior, 2013).

A busca por alternativas que promovem a remediação e descontaminação do ambiente tem se tornado cada vez mais sendo aplicadas nos últimos anos para a busca da melhoria dos ecossistemas

(Gerhardt et al., 2009). Dentre as principais mais aplicadas destacam-se as de origem biológica, ou seja, a biorremediação, com destaque para a Fitorremediação (Colla et al., 2008).

A Fitorremediação é a ferramenta capaz de fazer uso de plantas para descontaminação de solos e que está sendo cada vez mais promissora nas condições brasileiras, principalmente devido à biodiversidade e ao clima tropical do país (Marques et al., 2010). A revegetação com plantas fitoextratoras mobilizam os contaminantes do solo, pela transferência de metais pesados para a parte aérea da planta (Santos et al., 2015).

Dentre as categorias da Fitorremediação, os principais são: fitoextração (hiperacumulação), fitoestabilização, a rizofiltração, a fitotransformação e a fitovolatilização (Gonçalves Junior et al., 2013; Coutinho et al., 2015). A técnica de fitoextração é obtida basicamente através de plantas hiperacumuladoras, por meio da absorção pelas raízes, seguida do deslocamento, deposição nos tecidos da parte aérea e posteriormente remoção da área contaminada (Gonçalves Junior et al., 2013).

Ao contrário da fitoextração, a fitoestabilização não remove o poluente do ambiente, mas apenas estabiliza e fixa-o, reduzindo assim sua fluidez no sistema, evitando sua dispersão e alterando seu efeito sobre outros organismos (Schnoor et al., 2002; Gonçalves Junior et al., 2013).

Pouco menos utilizada, a rizofiltração inclui o uso de plantas com o objetivo de absorver, filtrar ou reduzir o teor de elementos poluentes no solo (principalmente metais pesados e pesticidas), basicamente utilizando o sistema radicular (Rai, 2009).

A fitotransformação envolve o uso de plantas que podem submeter o poluente a processos de biotransformação, podendo degradá-los e convertê-los em moléculas simples com baixa toxicidade. Já no processo de fitovolatilização, a planta atua como um intermediário entre o solo e a atmosfera, removendo os poluentes por meio da biodegradação da rizosfera, o composto é deslocado por vasos condutores e então liberado pela superfície da folha durante a respiração (Gonçalves Junior et al., 2013).

Com relação à tolerância de compostos orgânicos em vegetais, esse fenômeno pode ser o resultado de uma variedade de processos, como a translocação diferencial para outros tecidos vegetais e subsequente volatilização, degradação parcial ou completa e conversão em compostos menos tóxicos que se ligam aos tecidos vegetais (Accioly et al., 2000; Scramin et al., 2001; Pires et al., 2003a). Geralmente, a maioria dos compostos orgânicos sofrem transformações nas células vegetais antes de serem separados nos vacúolos ou combinam com estruturas celulares insolúveis, a exemplo da lignina (Macek et al., 2000).

De acordo com Zacchini et al. (2009), a eficiência da Fitorremediação não está apenas relacionada à disponibilidade de metais na matriz do solo, mas também às características de remediação das plantas, como a capacidade de acumular metais pesados e essenciais, rápido crescimento e transferência de metais absorvidos para as partes acima do solo. O solo também é o determinante básico da eficiência da Fitorremediação, porque o índice de absorção e transporte de cada espécie é afetado pelas condições do solo (Alloway, 2013).

Mediante o exposto, é relevante ressaltar que as técnicas de Fitorremediação, tal como outras podem apresentar limitações nas aplicações e eficiências, podendo ser influenciadas por alguns fatores, tais como as condições climáticas sazonais e o tempo, uma vez que em muitos casos a Fitorremediação requer um período longo para reparar totalmente a área contaminada (Koptsik, 2014).

Por outro lado, a Fitorremediação apresenta vantagens como, por exemplo, a manutenção das propriedades físicas e biológicas do solo, utilizando a energia solar para a realização do processo, podendo ser realizada com o mínimo de interferência ambiental (Pires et al., 2003b). Apresenta baixos custos, não requerendo equipamentos caros, podendo utilizar plantas simples, o que torna de fácil manutenção, adequação para locais com baixo índice de poluição e redução dos impactos ambientais (Koptsik, 2014; Uebel et al., 2017).

PLANTAS COM POTENCIAL FITORREMEIADOR

A seleção de espécies que são capazes de tolerar poluentes vem a ser um dos principais pontos de potencialização da Fitorremediação. Contudo, torna-se preciso a seleção de espécies de fácil cultivo e controle, além da capacidade para despoluição do solo e água (Alves et al., 2016; Souza et al., 2018).

Nem todas as espécies de plantas crescem em um ambiente contaminado, diante disso, a primeira etapa envolve a identificação das espécies que apresentam a capacidade de tolerar o poluente, além de serem adequadas às condições locais. A seleção pode ser realizada avaliando-se a taxa de germinação e a produção de biomassa na condição de concentrações crescentes dos contaminantes no solo e para isso, o desenvolvimento de protocolos experimentais tem sido proposto (Marques et al., 2010).

Segundo alguns autores como Vose et al. (2000), Accioly et al. (2000), Pires et al. (2003a), para que a planta tenha um potencial fitorremediador é preciso que a mesma tenha características como: capacidade de absorver, tolerar ou reter contaminantes nas raízes, apresente um sistema radicular profundo, aumento do teor de biomassa, maior taxa de crescimento, alta capacidade de transpiração, fácil colheita, exsudação radicular, resistência à pragas e patógenos, facilidade no controle, eficiência na absorção e resistência ao poluente, dentre outros (Coutinho et al, 2015). Entretanto, as plantas dificilmente reuniram todas as características de interesse, contudo podem conter o máximo possível dessas (Marques et al., 2011; Rodrigues et al., 2019).

Além do uso para despoluição, as plantas fitorremediadoras podem ser empregadas como fixadoras de nutrientes, pastagens, cobertura vegetal e produção/adoção do sistema de plantio direto (Alves et al., 2016). Outra efetividade está nas técnicas de sulfentrazone e rizodegradação com o intuito de tolerar e fitorremediar, e que estão cada vez mais sendo aplicadas devido aos resultados positivos na redução de contaminantes no solo e água (Madalão et al., 2013).

O sulfentrazone na planta tem por funcionalidade armazenar o contaminante extraído do solo, e quando necessário metaboliza ou transforma em produtos menos tóxicos (Pires et al., 2003a). Já a

rizodegradação, vem sendo utilizada há muitos anos e seu processo ocorre com a liberação de exsudatos e enzimas pela raiz das plantas, onde essa atividade microbiana é estimulada e associa-se com fungos micorrízicos (Cunningham et al., 1996; Wilson et al., 2000; Madalão et al., 2013).

Nessa perspectiva, tornam-se necessários estudos com a diversidade vegetal para a busca de espécies capazes de promover a redução de poluentes no meio ambiente. Em um estudo de Procópio et al. (2004) verificou-se que as espécies *Medicago sativa*, *Avena strigosa*, *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis*, *Helianthus annuus*, *Dolichus lablab*, *Stylosantes guianensis*, *Mucuna deeringiana*, *Raphanus sativus* e *Eleusine indica* sobreviveram à presença do herbicida Trifloxysulfuron sodium no solo. Os autores observaram que as espécies de *M. deeringiana*, *D. lablab*, *C. juncea* e *S. guianensis* apresentaram maiores tolerâncias ao herbicida, indicando potencial fitorremediar de Trifloxysulfuron sodium em solos.

Abordando outros estudos, Belo et al. (2007) avaliaram a capacidade fitorremediadora do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e da mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) em solo adubado com composto orgânico e contaminado com o herbicida Trifloxysulfuron sodium. Os autores observaram resultados em que o cultivo prévio de *C. ensiformis* e *S. aterrimum* possibilitaram o crescimento normal das plantas de sorgo, efetivando a capacidade remediadora dessas espécies.

Em um estudo realizado por Souza et al. (2018), foi utilizado mudas de *S. podophyllum* submetidas ao nitrato de chumbo II associado com ácido nítrico e ácido clorídrico com avaliação durante 75 dias. Foi observada presença de chumbo nas raízes da planta contaminada e que as folhas e o caule obtiveram um desenvolvimento maior do que as que não foram contaminadas, podendo ressaltar a capacidade de fitoextração de metais tóxicos presentes no solo pela espécie estudada.

Acredita-se que a utilização de plantas com capacidade de tolerar e extrair e/ou degradar poluentes possibilite a descontaminação de áreas agrícolas (Pires et al., 2003a). A fitoextração promove a despoluição de solos contaminados por metais pesados através de espécies capazes de transferir estes compostos do solo para a parte aérea dessas plantas (Wong, 2003; Morikawa et al., 2003).

Plantas hiperacumuladoras são utilizadas para a produção de massa seca, as quais são quimicamente induzidas a uma elevada eficiência de fitoextração de metais pela aplicação de agentes quelantes ao solo. Esses quelantes podem ser naturais (excretados pelas raízes das plantas como, por exemplo, os ácidos acético e cítrico) e artificiais como o EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético) (Meers et al., 2004; Melo et al., 2006).

A ligação de quelantes previne a adsorção específica dos metais pesados nos minerais da fração argila dos solos e aumenta a solubilidade desses poluentes, facilitando a absorção e o acúmulo nas plantas. Os artificiais são bons complexantes (Wilde et al., 2005; Santos et al., 2006), porém apresentam baixa biodegradabilidade ambiental, resultando na manutenção de elevados teores de metais solúveis no solo por longo período, aumentando os riscos de lixiviação (Wilde et al., 2005; Nascimento et al., 2006; Santos et al., 2006; Komárek et al., 2007).

FATORES DETERMINANTES PARA O SUCESSO DA FITORREMEDIAÇÃO

O sucesso da Fitorremediação pode ser influenciado por fatores inerentes às espécies remediadoras e extrínsecos. Ao escolher as espécies para serem utilizadas na fitoextração, devem-se considerar o nível de contaminação no solo, fatores de bioacumulação e de transferência além da capacidade em hiperacumular o elemento contaminante (Lindblom et al., 2006). O perfil do solo também pode afetar diretamente o processo fitorremediador das plantas, desde a temperatura do solo, pH, condutividade elétrica, umidade, componentes orgânicos, além da atividade microbiana (Estrela et al., 2018).

Nem todas as plantas se desenvolvem em ambientes contaminados, dessa forma, é necessário realizar uma investigação sistemática e científica, principalmente quando se trata de despoluição de ecossistemas (Ashraf et al., 2019). Para obter eficiência na técnica de Fitorremediação é necessária uma seleção cuidadosa das espécies vegetais a serem usadas, uma vez que esta seleção depende da capacidade da planta em tolerar concentrações elevadas de contaminante, rápido crescimento e elevada produção de biomassa (Vasconcelo et al., 2020a).

Para ser considerada boa remediadora, uma planta deve também ter a capacidade de desenvolver na presença do contaminante e sobreviver sem reduzir sua taxa de crescimento, apesar da acumulação do contaminante. Adicionalmente, a planta remediadora deve ser capaz de crescer em solos pobres, profundos e se adaptar as condições ambientais externas (Oliveira et al., 2020).

Outro aspecto a ser analisado é a possibilidade de se utilizar várias espécies em um mesmo local para a remoção de vários contaminantes simultaneamente (Vasconcelo et al., 2020a). Os metais pesados são geralmente mencionados como um grupo de elementos de propriedades metálicas com um alto peso atômico, possuindo alta capacidade de toxicidade em ambientes naturais. Além disso, esses elementos não são biodegradáveis e podem acumular em organismos vivos (Ashraf et al., 2019).

Existem aproximadamente 400 espécies com capacidade de hiperacumulação diversos metais. As plantas consideradas hiperacumuladoras são aquelas capazes de acumular ou tolerar elevadas concentrações de metais como: mais de 10.000 mg kg⁻¹ de zinco e manganês; tolerar doses maiores de 1.000 mg kg⁻¹ de chumbo, níquel e cobre; doses maiores de 100 mg kg⁻¹ de cádmio (Coutinho et al., 2015).

Em um estudo realizado por de Romeiro et al. (2007), foi avaliado o desenvolvimento de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes* L.) cultivado em solos contaminados com chumbo e seu potencial de bioacumulação. Os resultados demonstraram que a planta apresentou boa capacidade de fitoextração e tolerante ao chumbo. Magalhães et al. (2012) avaliaram o desenvolvimento das espécies *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus saligna*, cultivadas em substrato contaminado com manganês e observaram a redução das concentrações do substrato de *E. urophylla*, quando comparada com a *E. saligna* que apresentou maior desenvolvimento.

Araújo et al. (2011), buscaram determinar a capacidade fitoextrator de arsênio na espécie *Brachiaria decumbens* Stapf., cultivada em estufas agrícolas, utilizando-se seis classes de solos: Latossolo Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho Distrófico, Neossolo Flúvico, Neossolo Quartzarênico, Gleissolo Háptico e Gleissolo Melânico. Os autores observaram a queda no desenvolvimento da *B. decumbens* de forma diferenciada nas seis classes de solo, ocorrendo baixa translocação do arsênio da raiz para as folhas, sendo que essa espécie é considerada tolerante ao elemento e não hiperacumuladora, podendo ser empregada em programas de revegetação de áreas contaminadas pelo arsênio.

Vasconcelo e colaboradores (2020b) confirmaram o potencial fitorremediador das espécies *Mucuna aterrima*, *Dolichos lablab* e *Cajanus cajan* na tolerância ao herbicida imazapic. Entre as espécies analisadas a *M. aterrima* apresentou maior produção de massa seca da parte aérea e raiz, sendo esta a mais promissora na Fitorremediação do herbicida.

Existe uma propensão do uso de plantas energéticas como fitoextratoras de metais pesados transformando a biomassa em biodiesel, o que torna esta tecnologia mais sustentável, despoluindo áreas e contribuindo para o uso de energia mais conservacionista (Ruttens et al., 2011).

Algumas dessas espécies, como girassol (Zeittouni, 2003), mamona (Romeiro et al., 2006), milho (Pereira et al., 2007), mostarda (Santos et al., 2007) e nabo forrageiro (Jorge et al., 2010) já foram avaliadas como fitoextratoras de vários metais com resultados promissores. A utilização de leguminosas para a despoluição de solos é relevante devido serem resistentes a diversos herbicidas, podem também liberar exsudatos radiculares, que ativam a microbiota do solo atuando na decomposição dos compostos orgânicos (Oliveira et al., 2020).

A Fitorremediação ainda precisa transpor algumas barreiras como falta de informação em relação à técnica. Adicionalmente, possui baixo investimento comercial, isso devido a sua limitação ao direito de propriedade, enquanto que, técnicas com base em processos físicos e químicos são facilmente patenteáveis (Marques et al., 2011).

A escolha do melhor conjunto de técnicas da Fitorremediação depende de uma série de fatores, devendo-se destacar as características relacionadas à proximidade de grupos populacionais e de mananciais, migração potencial dos vapores, aspectos físicos da área, hidrogeologia, uso de água subterrânea e localização de poços (Usepa, 2001).

Apesar da capacidade comprovada da Biorremediação, a técnica apresenta algumas limitações: o tempo necessário para obtenção de uma despoluição eficiente, esse pode ser longo além de requerer mais de um ciclo de cultivo, conseqüentemente, necessitando de um tempo maior para descontaminação e gerando maiores custos (Ashraf et al., 2019).

CONCLUSÃO

A Fitorremediação é uma técnica apropriada para remediar áreas medianamente contaminadas com metais, por ser simples, de baixo custo e ambientalmente aceitável, o que a torna mais ecologicamente correta. Porém, quando há urgência na obtenção de resultados, devido ao grande interesse econômico, alto valor da área e/ou, altos riscos para a saúde humana e ambiental, a Fitorremediação como solução isolada ainda apresenta limitações, necessitando de novos estudos em aperfeiçoamento de protocolos, assim como explorar a capacidade remediadora de novas espécies vegetais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accioly AMA et al. (2000). Contaminação química e biorremediação dos solos: Tópicos em Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1: 299-352.
- Alloway BJ (2013). Heavy Metals in Soil: Trace Metals and Metalloids in Soil and Their Bioavailability. Reading, UK: Springer, 613p.
- Alves C (2016). Seleção de espécies com potencial para fitorremediação de solo contaminado com herbicidas inibidores da PROTOX. (Dissertação), Erechim. 103p.
- Araújo ASA et al. (2011). Phytoremediation of arsenic-contaminated soils using *Brachiaria grass*. Ciência agrotécnica, 35(1): 4-91.
- Ashraf S et al. (2019). Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. Ecotoxicology and Environmental Safety, 174: 714–727.
- Belo AF et al. (2007). Fitorremediação de solo adubado com composto orgânico e contaminado com Trifloxysulfuron-sodium. Planta Daninha, 25(2): 251-258.
- Colla LM et al. (2008). Isolamento e seleção de fungos para biorremediação a partir de solo contaminado com herbicidas triazínicos. Ciência e Agrotecnologia, 32(3): 809-813.
- Costa ETDS et al. (2008). Subproduto da indústria de alumínio como amenizante de solos contaminados com cádmio e chumbo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32(6): 2533-2546.
- Coutinho PWR et al. (2015). Alternativas de remediação e descontaminação de solos: biorremediação e fitorremediação. Nucleus, 12(1).
- Cunningham SD et al. (1996). Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. Advances Agronomy, 56: 55-114.
- Estrela MA et al. (2018). Fitorremediação como solução para solos contaminados por metais pesados. Revista Ceuma Perspectivas, 31(1): 1-13.
- Gerhardt KE et al. (2009). Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: potential and challenges. Plant science, 176(1): 20-30.

- Gohre V et al. (2006). Contribution of the arbuscular micorrhizal symbiosis to heavy metal phytoremediation. *Planta*, 223(6): 1115-1122.
- Gonçalves Junior AC et al. (2013). Disponibilidade de nutrientes e elementos potencialmente tóxicos para as plantas de hissopo em solo arenoso sob adubação mineral e orgânica. *Scientia Agraria Paranaensis*, 12(2): 105-114.
- Jacques RJS et al. (2007). Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. *Ciência Rural*, 37(4): 1192-1201.
- Jadia CD et al. (2009). Phytoremediation of heavy metals: recent techniques. *African Journal of Biotechnology*, 8(6): 921-928.
- Jorge RAB et al. (2010). Torta de filtro e da turfa na mitigação de solo contaminado com resíduo de sucata rico em boro. *Bragantia*, 1: 1-5.
- Komárek M et al. (2007). The use of poplar during a two-year induced phytoextraction of metals from contaminated agricultural soils. *Environmental Pollution*, 27: 1-12.
- Koptsik GN (2014). Modern approaches to remediation of heavy metal polluted soils: a review. *Eurasian soil Science*, 47(7): 707- 722.
- Kuiper I et al. (2004). Rhizoremediation: A beneficial plant-microbe interaction. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 17: 6-15.
- Leal EF et al. (2013). Fitorremediação de chumbo pelas espécies Vetiver (*Vetiveria zizanioides* L), Feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.), e Singônio (*Syngonium angustatum*. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 36., Florianópolis. Anais. Florianópolis, p. 1 - 4. Disponível em: <http://eventosolos.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/2760.pdf>. Acesso em: 4 out. 2020.
- Lindblom SD et al. (2006). Constitutive expression of a high-affinity sulfate transporter in Indian mustard affects metal tolerance and accumulation. *Journal Environmental Quality*, 35: 726-733.
- Macek T et al. (2000). Exploitation of plants for the removal of organics in environmental remediation. *Biotechnology Advances*, 18: 23-34.
- Madalão JC et al. (2013). Susceptibilidade de espécies de plantas com potencial de fitorremediação do herbicida sulfentrazone. *Revista Ceres*, 60(1): 111-121.
- Magalhães MOL et al. (2012). Desempenho de duas espécies de eucalipto em solo com elevados teores de Mn. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(1): 92-98.
- Malavolta E (1994). Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados: mitos, mistificação e fatos. São Paulo: Produquímica, 153p.
- Malavolta E (2008). O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. *International Plant Nutrition Institute: Informações Agronômicas*, (121): 1-10.
- Mariano DC et al. (2012). Aspectos agronômicos, uso pelo homem e mecanismos da fitorremediação: uma revisão. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 5 (2): 85-101.

- Marques M et al. (2010). Seedling emergence and biomass growth of oleaginous and other tropical species in oil contaminated soil. *Open Waste Management Journal*, 3: 26-32.
- Marques M et al. (2011). Desafios técnicos e barreiras sociais, econômicas e regulatórias na fitorremediação de solos contaminados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35(1): 1-11.
- Meers WE et al. (2004). Enhanced phytoextraction. In: search of EDTA alternatives. *International Journal Phytoremediation*, 6: 95-109.
- Melo EEC et al. (2006). Solubilidade, fracionamento e fitoextração de metais pesados após aplicação de agentes quelantes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30: 1051-1060.
- Merkl N et al. (2006). Effect of the tropical grass *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf on microbial population and activity in petroleum-contaminated soil. *Microbiological Research*, 161(1): 80-91.
- Monteiro MT (2008). Fitorremediação de rejeito contaminado proveniente do Canal do Fundão, na Baía de Guanabara-RJ. Departamento da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Tese), Rio de Janeiro. 317p.
- Morikawa H et al. (2003). Basic processes in phytoremediation and some applications to air pollution control. *Chemosphere*, 52: 1553-1558.
- Nascimento CWA et al. (2006). Comparison of natural organic acids and synthetic chelates at enhancing phytoextraction of metals from a multi-metal contaminated soil. *Environmental Pollution*, 140: 114- 123.
- Oliveira FKde et al. (2020). Potencial fitorremediador do “feijão-de-porco” submetido a diferentes concentrações de escória de siderurgia. *Holos*, 2: 1-13.
- Oorts K (2013). Copper. In: Alloway BJ. (ed.) *Heavy metals in soils - trace metals and metalloids in soils and their bioavailability*. 3th ed. Springer Environmental Pollution, v. 22, p. 367-394.
- Pereira BFF et al. (2007). Pb phytoextraction by maize in a Pb treated Oxisol. *Scientia Agricola*, 64(1): 52-60.
- Pires FR et al. (2003a). Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. *Planta Daninha*, 21(2): 335-341.
- Pires FR et al. (2003b). Seleção de plantas com potencial para Fitorremediação de tebuthiuron. *Planta Daninha*, 21(3): 451-458.
- Procópio SO (2004). Seleção de plantas com potencial para a Fitorremediação de solos contaminados com o herbicida Trifloxysulfuron-sodium. *Planta Daninha*, 22(2): 315-322.
- Procópio SO (2009). Fitorremediação de solos com resíduos de herbicidas. Aracaju, SE. 32p.
- Rai PK (2009). Heavy metal phytoremediation from aquatic ecosystems with special reference to macrophytes. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 39(9): 697-753.

- Rodrigues TS et al. (2019). Efeito de plantas fitorremediadoras sobre o quociente microbiano (qMic) no solo do oeste da bahia. IV Congresso Internacional das Ciências Agrárias-COINTER PDV Agro, Recife-PE. Disponível em <https://cointer.institutoidv.org/inscricao/pdvagro/uploads/8811.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2020.
- Romeiro S et al. (2006). Lead uptake and tolerance of *Ricinus communis* L. Brazilian Journal of Plant Physiology, 18: 1-5.
- Romeiro S et al. (2007). Absorção de chumbo e potencial de Fitorremediação de *Canavalia ensiformes* L. Bragantia, 66(2): 327-334.
- Ruttens A et al. (2011). Short rotation coppice culture of willows and poplars as energy crops on metal contaminated agricultural soils. International Journal of Phytoremediation, 13(1): 194-207.
- Santos FS et al. (2006). Chelate-induced phytoextraction of metal polluted soil with *Brachiaria decumbens*. Chemosphere, 62(1): 1454-1463.
- Santos GCG et al. (2007). Efeitos da adição de fontes de matéria orgânica como amenizantes do efeito tóxico de B, Zn, Cu, Mn e Pb no cultivo de *Brassica juncea*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31(1): 793-804.
- Santos NM et al. (2015). Biodisponibilidade de chumbo por extratores químicos em solo tratado com ácidos húmicos e carvão ativado. Revista Ciência Agronômica, 46(4): 663-668.
- Scramin S et al. (2001). Utilização de plantas na remediação de solos contaminados por herbicidas – levantamento da flora existente em áreas de cultivo de cana-de-açúcar. Biodegradação. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. p. 369-371.
- Schnoor JL et al. (2002). Phytoremediation and bioremediation of perchlorate at the Longhorn Army Ammunition Plant. The University of Iowa, US.
- Souza NU et al. (2018). Potencial fitorremediador da *Syngonium podophyllum* sob os efeitos de Chumbo no solo. Anais do IV Congresso de Agrárias e Ambientais. Guarapuava-Paraná. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Glauco_Negrao/publication/328643433_Potencial_fitorremediador_da_Syngonium_podophyllum_sob_os_efeitos_de_Chumbo_no_solo/links/5bda23d84585150b2b945a38/Potencial-fitorremediador-da-Syngonium-podophyllum-sob-os-efeitos-de-Chumbo-no-solo.pdf. Acesso em 13 nov. 2020.
- Souza V et al. (2016). Contaminação por chumbo, riscos, limites legais e alternativas de remediação. Veredas do Direito, 13(25): 249 – 276.
- Uebel A et al. (2017). Processos De Remediação Do Solo Contaminado Com Chumbo. Revista Caderno Pedagógico, 14(1): 63–71.
- Usepa. United States Environmental Protection Agency (2001). Technology Innovation Office. Treatment technologies screening matrix and reference guide: Version 4.0. Washington. Disponível em: <http://www.frtr.gov/matrix2/section2/2-7-1.htm>. Acesso em: 18 set. 2020.

- Vasconcelo SMA et al. (2020a). Selection of tolerant species to imazapic for potential use in phytoremediation. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 15(4): 1-10.
- Vasconcelo SNA et al. (2020b). Seleção de espécies tolerantes para a fitorremediação de solo contaminado com imazapic. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 19(2): 149-158.
- Vose JM et al. (2000). Leaf water relations and sapflow in Eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) trees planted for phytoremediation of a groundwater pollutant. *Intern. J. Phytoremediation*, 2(1): 53-73.
- Wilde EW et al. (2005). Phytoextraction of lead from firing range soil by *Vetiver grass*. *Chemosphere*, 61(1): 1451-1457.
- Wilson PC et al. (2000). Phytotoxicity, uptake, and distribution of ¹⁴C- simazine in *Acorus gramineus* and *Pontederia cordata*. *Weed Science*, 48(1): 701-709.
- Wong MH (2003) Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere*, 50(1): 775-780.
- Zacchini M et al. (2009). Metal tolerance, accumulation and translocation in poplar and willow clones treated with cadmium in hydroponics. *Water, Air, and Soil Pollution*, 197(1): 23–34.
- Zeitouni CF (2003). Eficiência de espécies vegetais como fitoextratoras de cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco de um latossolo vermelho amarelo distrófico. Instituto Agrônômico (Dissertação), Campinas - SP. 91p.

Capítulo II

Composition of the essential oil of leaves *Qualea grandiflora* and *Qualea multiflora* Mart. and antileishmanial activities

Recebido em: 13/12/2020

Aceito em: 19/12/2020

 10.46420/9786588319482cap2

Roberto Chang^{1*} 

Rodrigo Ribeiro Rocha^{1,2} 

Alberto de Oliveira¹

Evandro Afonso do Nascimento¹ 

Sérgio Antônio Lemos de Moraes¹ 

Francisco José Torres de Aquino¹ 

Mário Machado Martins¹ 

Cláudio Vieira da Silva³ 

Paula Vieira Rodrigues³ 

INTRODUCTION

The Cerrado

The Cerrado occupies a large area of the country once it is the second largest biome in the country surpassed in area by Amazon. It covers the states of Goiás, the Federal District, Minas Gerais, Tocantins, Piauí, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul and part of Paraná, Bahia, Ceará, Maranhão, Rondônia, Roraima, Amazonas, Pará and São Paulo. The Cerrado houses a flora in which many species have food and / or medicinal value (God, 2011; Pereira et al., 2012). Despite the ecological and economic importance, it has gradually been devastated mainly due to forms of occupation and the use of natural resources in a disorderly way, that leads to a process of degradation of its natural environment. If rational utilization measures are not taken, it may disappear altogether by 2030. Most optimistic visions suggest that this biome can shrink around 8%, a loss of approximately 160 square kilometers by 2050 (Machado et al., 2004; Sassine, 2009).

Moreover, the human factors change the environment, due to the increase of the population that requires more areas for food grain crops for export. There are also environmental factors of climate change, such as prolonged drought or excessive rainfall and even poorly distributed rainfall, warmer

¹ Laboratory of Natural and Chromatography Products, Institute of Chemistry, Federal University of Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, João Naves de Ávila Avenue, 2121, 38408-100, Brazil.

² Federal University of Viçosa - Campus - UFV / MG - CRP Rio Paranaíba / MG Zip Code: 38810-000, Brazil.

³ Institute of Biomedical Sciences, Laboratory of Trypanosomes, Federal University of Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais 38400-902, Brazil.

* Autor(a) correspondente: chang@iqufu.ufu.br

winters and drier that influence negatively the loss of the Cerrado typical vegetation. Thereby, so many plants which have medicinal and pharmacological potential cannot be tested and used as feedstock for the study and development of drugs for specialized industries. Many studies still have done concerning the medicinal plants of the cerrado biome. The possible production of pharmaceuticals from plant essential oils as well as their production and marketing can contribute to the knowledge and the possible introduction of new products in the market from Brazilian flora.

Thus, the Cerrado has a very special feature for Brazil, for its vast expanse of land, a very rich flora and due to the threat of devastation, can represent a huge loss of a large load of promising pharmacological properties (Carvalho et al., 2007). The conversion of natural areas of the Cerrado biome in agricultural fields and the impounding of water have reduced a lot its area without the knowledge of existing and its chemical constituents, especially when it is compared to the diversity and the occupied area. A smaller number of information on the flora of the Brazilian savannah involves a great loss of knowledge about the use of plants for medicinal use since it is estimated that about 40% of the biome has been ravaged and the Cerrado has only about 1.5% of its area protected by law. Nowadays, the Cerrado is at greater risk of being extinct in the country (Neto et al., 2003). The species, the object of this study are examples of this biome and they should be preserved because there are a few literary studies, therefore it is important the conservation of these individuals as well as entire biome. A literature review indicated that many studies have not found related to the chemical composition of the essential oils and biological activities of species *Qualea multiflora* and *Qualea grandiflora*. Therefore, the development of this work is extremely valuable for new applications vegetal resources in the Cerrado.

About Leishmaniasis

Leishmaniasis is a group of parasitic diseases transmitted of global distribution by the bite of about 30 species of phlebotomine (popularly known as sandfly) infected with *Leishman* protozoa. It is estimated that two million new cases occur each year worldwide, of which 1.5 million are cases of cutaneous leishmaniasis, a type of this disease. Leishmaniasis is transmitted by the mosquito and infects dogs and human beings, especially children, elders and people with chronic diseases.

Leishmaniasis is a severe, chronic and fatal disease to human beings with high mortality if untreated. It is a chronic cutaneous or visceral manifestation caused by protozoa of the genus *Leishmania* and it is a common disease to man and the dog (WHO, 2007).

There are studies that use plant extracts to combat this disease. Many dogs are euthanized due to the effects of the disease, but there could be treatments to avoid this radical attitude.

Genre Qualea, Vochysiaceae Family

The genus *Qualea* belongs to the family of Vochysiaceae. This genus has two subfamilies, six genera and about 200 species of tropical trees, of which three of them are common in the Brazilian cerrado: *Q. grandiflora*, *Q. multiflora*. Locals use *Qualea grandiflora* and *multiflora* as folk medicine treatments for external ulcers, gastric diseases and inflammation (Santos, 2006). It was identified in the family of Vochysiaceae some organic compounds such as flavonoids, triterpenoids, steroids, tannins, benzoquinones, anthraquinones (Ayres et al., 2008).

It was done phytochemical studies with genre *Qualea* and it was identified fatty acids, polysaccharides, tannins, pyrogallic and catéchutanic compounds, flavonoids, terpenoids and ellagic acid derivatives (Nasser et al., 2013).

Species Studied

The *Qualea grandiflora* of the genus *Qualea*, from the Vochysiaceae called pau-terra-largo is a tree found in vegetation type or habitat such as edge of gallery forest, edge of ciliated forest, cerradão, cerrado (strict sense), dirty field, field with murundus, Amazon savannah and carrasco. It is distributed through the following states: Pará, Amazonas, Acre, Maranhão, Piauí, Ceará, Bahia, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, São Paulo and Paraná. We can note that has greater distribution in the Brazilian space compared with other species in the study (Ministry of Environment, 2011).

The *Qualea multiflora* is found in vegetation type or habitat called edge of gallery forest, cerradão (strict sense), vereda and field with murundus. It is distributed for nine states: Maranhão, Piauí, Bahia, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná and the Federal District (Ministry of Environment, 2011).

The species *Q. multiflora* is a tree 4-6 meters with 15 to 25 cm in diameter, large distribution by Cerrado, with more occurring in several states. It is commonly known as pau-terra-liso, boizinho, pau-terra, bagre, cinzeiro. The species has a woody scale. It is used in folk medicine in the treatment of ulcers, gastritis, amebiasis, bloody diarrhea, intestinal cramps and inflammation (Lorenzi, 2002).

The *grandiflora* also known as Ariauá (PA), pau-terra-do-campo, pau-terra-do-cerrado, pau-terra-folha-grandeis a very ornamental tree, with branches usually thick, crooked trunks and rough bark. It is found from the Amazon to São Paulo, Minas Gerais, Goiás and Mato Grosso do Sul, reaching 20 meters in height with crooked trunk and thick bark. In folk medicine, the bark is used to heal wounds and inflammations. The leaves are used for diarrhea, cramps and fighting amebiasis (Lorenzi, 2002).

The *Q. grandiflora* usually has much larger leaves and fruits than the species *Q. multiflora* and has yellow flowers. However, the flowers of the species *Qualea multiflora* are yellow and white with red spots, so they are *multiflora*, according to the Digital Herbarium Pirenópolis (Herbário, 2014).

MATERIALS AND METHODS

Data Collection

The collection was made at random and from different individuals, close to each other. The leaves *Qualea grandiflora* and *Qualea multiflora* were collected close to the highway 230 MG (19° 13' 39.06" S, 46° 12' 30.95" W), in Rio Paranaíba-MG, situated approximately 300 km away from Uberlândia - MG and transported to the Laboratory of Natural Products, Federal University of Uberlândia (UFU) - Campus Santa Monica, for then the vouchers are prepared, identified by an expert (Professor Glein Monteiro de Araújo Institute Science Biology UFU), and deposited with the proper registration in Uberlandense Herbarium of the Federal University of Uberlândia (HUFU) under the following numbers: 66,895 HUFU *Qualea grandiflora* and *Qualea multiflora* HUFU 66,896.

Preparation and obtaining essential oil from leaves

The fresh leaves of *Qualea multiflora* and *Qualea grandiflora* were cut and submitted to distillation by steam drag using the modified Clevenger for a period of 4 hours device (Morais et al., 2009).

For the essential oil extraction, the extract was used with dichloromethane and submitted to liquid-liquid partition separating funnel, performing three washes of the extract with three portions of dichloromethane. The organic fractions were combined, dried and the solvent evaporated at room temperature. The oil was collected and conditioned in a flask and kept under refrigeration at low temperature, approximately -18.0 ± 5 ° C until the biological assay.

After evaporation of the dichloromethane, dried at a temperature of 35 ° C, the mass obtained from the essential oil obtained was weighed on an analytical balance and the corresponding percentage of essential oil extracted from leaves was calculated on the mass of the sample used initially, disregarding moisture content of green leaves not to be considered as mass of essential oil.

Separation, identification and analysis of the essential oil constituents by chromatography GC/MS

The separation and identification of volatile constituents by chromatography coupled to mass spectrometry (GC / MS) mass were performed in gas in an apparatus of Shimadzu GC17A/QP5010. The temperature program used in a DB-5 column (Supelco SPB-5) of 30 meters in length, 25 mm in inner diameter and 0.25 mm thick film, the heating ramp was 60-246 ° C (3 ° C min⁻¹); injector in split mode 1:20 to 220 ° C; Helium carrier gas flow of 1.0 mL min⁻¹. The interface temperature, ion source and detector were 220-240° C. The volume of 1.0 µl of sample (diluted in dichloromethane essential oil at a concentration of 10 mg/mL) was injected, and the identification of compounds was performed by means of mass spectra libraries Wiley (7, 139 and SHIM2205/Adams). Arithmetic Index (AI) was used

and compared with the reference Arithmetic Index calculated. The mass detector was operated with impact energy of 70 eV and fragments 40-650 Da were obtained (Adams, 2007).

Test Activity Antileishmanial Sample preparation

The assays of activity against *Leishmania* in the analysis of cytotoxicity and analysis of cytotoxic activity are from the Institute of Biomedical Sciences, Laboratory of Trypanosomatids the Federal University of Uberlândia with the support of Prof. Dr. Claudio Vieira da Silva, Institute of Biomedical Sciences, UFU (Federal University of Uberlândia), and helps the student initiation Paulla Vieira Rodrigues.

For the test with *Leishmania amazonensis* samples are dissolved in methanol and diluted with BHI, until it forms a stock solution of 640 mg L⁻¹. The final methanol concentration of the mother liquor does not exceed 3%.

Cell viability test

The cell viability test is performed by microdilution in a 96 well plate, from the mother solution, and the dilutions are done with a BHI culture for *L. amazonensis*, by obtaining the concentrations to be tested. The final volume of each well will be 100 µL, 20 µL the measure of the inoculum (1,108 parasites in a solution containing 2 mL) at concentrations of 80 µL of simple A structure of a 96 well plate.

The plate *Leishmania amazonensis* is incubated for 48 hours at 25 ° C. 2 µL. Then it is added to each well of a developing solution of 3m Mresazurin in PBS and incubated again under the same conditions. Then, the absorbance at 594 nm in a microplate spectrophotometer is performed.

All assays were performed in triplicate, and each assay and each concentration tested in triplicate. From the results of absorbance, cell viability is calculated as the positive control, through these ones it will be constructed a graph of dose-response for the nonlinear regression for the calculation of EC₅₀ (concentration in which 50% of the parasites were inhibited) (Chibale et al., 2007).

Cell Culture

The culture of ATCC CCL 81 Vero cells (kidney fibroblasts of African green monkey) is maintained in DMEM, at 37° C in humidified atmosphere and 5% CO₂.

Statistical Analysis

All determinations were made in triplicate and the results were an arithmetic mean with standard deviation. The means were analyzed statistically by the Tukeytest for the results of *Leishmania* and

cytotoxicity assay in 5% of probability. P values ≤ 0.05 were considered to denote a statistically significant difference.

Analysis of the compounds of the essential oils from leaves of *Qualea multiflora* and *Qualea grandiflora*

It is low the yield of essential oils from leaves of *Qualea grandiflora* and *Qualea multiflora*. It was analyzed the chemical composition of essential oils and it was observed the presence of the following percentages of compounds for *Qualea multiflora* species: oxygenated monoterpenes (29.3%) also highlighted the presence of alcohols (19.5%), aldehydes (12.2%) and ketones (7.3%). For *Qualea grandiflora* species, the most numerous compounds are oxygenated sesquiterpenes (36.6%), oxygenated monoterpenes (12.2%) and aldehydes and carboxylic acids that have 4.9% each.

Table 1. Percentage of compounds per organic function.

Functional groups	<i>Q.grandiflora</i> (%)	<i>Q.multiflora</i> (%)
Alcohol	2,4	19,5
Aldehyde	4,9	12,2
Carboxylic Acid	4,9	-
Ketone	2,4	7,3
Oxygenated diterpene	4,9	2,4
Ester	2,4	2,4
Cyclicether	2,4	-
Sesquiterpene	2,4	-
Sesquiterpene oxygenated	36,6	4,9
Oxygenated monoterpene	12,2	29,3
Monoterpene	2,4	-
Nitrile	-	2,4
N.I.	22	19,5
Total	99,99	99,99

The Table 2 below cites the compounds in a higher percentage of peak area of essential oil from leaves of both species.

Table 2. The table below shows the compounds identified in the essential oil from leaves of *Qualea multiflora* and *grandiflora*. NI = Not identified; TIC = Total ion chromatogram; AI = arithmetic index; RT = retention time in min. ^aNIST Chemistry Web Book: <http://webbook.nist.gov/chemistry/> ^b Adams.

Compound	RT		AI reference		AI calculated		Composition % TIC	
	<i>Q.m.</i>	<i>Q.g.</i>	<i>Q.m.</i>	<i>Q.g.</i>	<i>Q.m.</i>	<i>Q.g.</i>	<i>Q.m.</i>	<i>Q.g.</i>
(<i>Z</i>)-Hex-3-en-1-ol	4,34	4,32	850 ^b	850 ^b	855	854	13,16	1,86
Phenylacetaldehyde	9,66	9,63	1042 ^a	1042 ^a	1046	1045	16,85	7,32
Linalool	11,81	11,79	1102 ^a	1102 ^a	1103	1103	10,31	1,04
<i>Cis</i> -linalool oxide	10,81	10,73	1077 ^a	1076 ^a	1077	1075	3,15	1,44
<i>Alpha</i> -terpineol	15,75	15,73	1191 ^a	1186 ^b	1197	1196	3,76	4,7
Vitispirane	19,53	19,51	1272 ^a	1272 ^a	1282	1282	3,46	4,77
(<i>E</i>)-nerolidol	31,54	31,55	1566 ^a	1569 ^a	1568	1568	2,08	13,18
Benzoate-3 <i>Z</i> -hexenyl	-	31,99	-	1568 ^a	-	1577	-	3,37
(<i>E</i>)-2-decen-al	18,71		1263 ^a	-	1264	-	3,89	-
(2 <i>E</i> , 6 <i>E</i>)-farnesol	-	37,71	-	b 1742	-	1730	-	4,79
N-hexadecanoic	-	46,06	-	1971 ^a	-	1970	-	3,34

RESULTS AND DISCUSSION

Results Antileishmaniose Activity

The Table 3 below presents the results of Vero cell cytotoxicity assay using antiprotozoal the parasite *Leishmania amazonensis* are presented samples of essential oils leaves *Qualea multiflora* and *Qualea grandiflora* were used.

Table 3. Results of Cytotoxicity and antileishmanial activity in essential oil of leaves

Sample	CI ₅₀ (µg mL ⁻¹) Vero Cell	CI ₅₀ (µg mL ⁻¹) <i>Leishmania amazonensis</i>
<i>Q. grandiflora</i>	>512	88 ± 8
<i>Q. multiflora</i>	>512	69 ± 4
amphotericin B	-	0,288±0,006

These results indicate that, for the essential oils from leaves $69 \mu\text{g mL}^{-1}$ of *Qualea multiflora* oil and $88 \mu\text{g mL}^{-1}$ of *Qualea grandiflora* oil are the needed concentrations to kill or inhibit the action of 50% of the parasite.

If the IC_{50} values are lower, the antileishmanial activity of the sample will be better, the is to say, sample of essential oil of leaves *Qualea multiflora* has a better response against the parasite than for samples of essential oil of leaves *Qualea grandiflora*, compared to the control drug, the result is not so promising.

When the leaves ethanol extracts of both species are analyzed, the ability to inhibit the parasite does not have as effectively as the essential oils from leaves.

Nevertheless, for the test on Vero cells and once it is related with the cytotoxicity, if the IC_{50} value is higher, the result will be better, by indicating that these samples have low cytotoxicity towards Vero cells.

The results of this study, with low cytotoxicity to Vero cells, contradict other work that quotes about the toxicity of materials derived from plants *Qualea grandiflora* and *Qualea multiflora*.

It was tested cytotoxic activity and antileishmanial activity against *Leishmania amazonensis*, by using essential oils from leaves of *Vernonialeopoldii* and the IC_{50} values found were $378 \mu\text{mL}^{-1}$ and $210 \mu\text{mL}^{-1}$. Martins (2012) indicating promising results for the essential oils of *Vernonialeopoldii*, but worse than the two kinds of study of this work. For the cytotoxicity assay, the higher the IC_{50} value is, the better are the result, indicating that these samples have low cytotoxicity against Vero cells, but the essential oils of *Qualeas* have better results, especially *Qualea multiflora*.

Chemical compounds of benzenoids family were found in essential oils from leaves *Licaria canella*. Essential oil from leaves of this species was more active against strains of *Leishmaniaamazonensis* (Santos et al., 2012).

Essential oils from aerial parts of *Mitracarpus frigidus* showed significant antileishmanial activity against the forms *Leishmania major* and *Leishmania amazonensis* (Fabri et al., 2012).

Traditional medicines to treat leishmaniasis are toxic and have side effects, and derived from natural products can be a better alternative because they have low toxicity to Vero cells (Costa, 1998).

The antiparasitic activity of some types of essences oils is cited in the literature and according to the chemical composition of essential oil, this can have a greater or lesser power activity against *Leishmania*. Insulation can be made in the future in order to discover which chemicals compounds of essential oils of leaves have antileishmanial activity.

CONCLUSION

The essential oils of the plants studied showed good results in testing of antileishmanial activity, once the oil of species *Q. multiflora* showed better results for antileishmanial activity against *Leishmania amazonensis*, with lower cytotoxicity for Vero cells than oils *Q. grandiflora*.

The yield of essential oils from leaves of *Qualea grandiflora* and *Qualea multiflora* is low and it was analyzed the chemical composition of essential oils and it was observed the presence of the following percentages of the major compounds by functional groups for *Qualea multiflora* species: oxygenated monoterpenes (29.3%) also it was highlighted the presence of alcohols (19.5%), aldehydes (12.2%) and ketones (7.3%). For *Qualea grandiflora* species compounds are most numerous oxygenated sesquiterpenes (36.6%), oxygenated monoterpenes (12.2%), the aldehydes (4.9%) and carboxylic acids (4.9%) each.

The major compounds identified in the oils were greater in area *Q. multiflora*: (*Z*)-Hex-3-en-1-ol, phenylacetaldehyde, linalool, alpha-terpineol and (*E*)-2-decen-al. For *Q. grandiflora*: phenylacetaldehyde, vitispirano, (*E*)-nerolidol, benzoate 3-*Z*-hexenyl.

These compounds present in the oil can be tested separately for the verification of biological activities in future work. The compounds can be synthesized or used as precursors of more effective drugs to combat diseases.

ACKNOWLEDGMENT

The authors thanks Glein Monteiro de Araújo (Institute of Biology-UFU) for plant identification, Ricardo Reis Soares for analysis GC/MS, the Program and Graduate Institute of Chemistry (IQUFU), Federal University of Uberlândia to support infrastructure and Fapemig.

REFERENCES

- Adams RP (2007) "Identification of essential oil components by gas chromatography / mass spectrometry." Carol Stream, IL USA, Allured Pub.
- Ayres MCC et al (2008) Chemical constituents of the leaves of *Qualea grandiflora*: assignment of the NMR data from two diastereoisomeric acylated flavonoid glycosides. Chem. Nov., 31(6): 1481-1484.
- Carvalho DA et al. (2007) Ethnobotanical survey of medicinal plants in the area of savannas in the Upper Rio Grande region - Minas Gerais. Rev. Bras. Medic. Plants, 9(2): 17-35.
- Chibale K et al. (2007) Antiplasmodial hirsutinolides from *Vernonia staehelinoides* and their utilization towards a simplified pharmacophore. Phytochemistry, 68: 1200-1205.
- Costa MCA (1998). Relationships between chemical structure and neolignans its anti-leishmanial activity involving solvation calculations. 183f. PhD thesis, Institute of Chemistry, University of Campinas, Campinas.

- Fabri RL et al. (2012) *Essential oil of Mitracarpusfrigidus as a potent source of bioactive compounds. Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 84(4): 1073-1080.
- God MJ (2011) *Field guide: 500 Cerrado vegetation species*. 8 - Brasília: MMA/SBF. 532p.
- Herbário digital de Pirenópolis (2014). Disponível em: <<http://www.pirenopolis.tur.br/meioambiente/herbariodigital/Vochysiaceae/Qualea/multiflora>>. Acesso em: 27 set. 2014.
- Lorenzi H (2002). "*Trees Brasileiras: Manual for the identification and cultivation of native woody plants of Brazil*." Plantarum Institute, New Odessa. 351p.13. Available in (<http://www.pirenopolis.tur.br/meioambiente/herbariodigital/Vochysiaceae/Qualea/multiflora>) Accessed on March 22nd 2014.
- Machado RB et al. (2004) *Estimates of loss of the Brazilian Cerrado*. Conservation International, Brasília, DF.
- Martins MM (2012) *Volatile Constituents, total phenolics, antioxidant capacity and biological leaves, flowers and roots of Vernoniabrasiliana Less.* Dissertation, Institute of Chemistry, Federal University of Uberlândia, 67p.
- Ministry of Environment (2011). *Field guide: 500 species of Cerrado vegetation. Brasilia*. Available in (http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf2008_df/_publicacao/148_publicacao14022012101832.pdf) Access on April 10th 2014.
- Morais ASL et al. (2009). *Bioactive compounds and antioxidant activity of Conilon subjected to different degree of roasting*. Chem. Nov., 32 (2): 327-331.
- Nasser ALM et al. (2013). *Steroids and triterpene species Qualea - Bioactivity of Mycobacterium tuberculosis*. VerCiên.Farm.Basic Appl., 34(4): 513-517.
- Neto GG et al. (2003) *Medicinal Resources of species from the Cerrado of Mato Grosso: a bibliographic study*. Acta Botany Brasília. 17(4): 561-584.
- Pereira ZV et al. (2012) *Multiple uses of native species of the Cerrado biome in Great Pond Settlement, Golden, Mato Grosso do Sul*. Revista Brasileira Agroecology, 7(2): 126-136.
- Santos FV (2006). *Rating of mutagenicity in vitro and vitvo of compounds obtained from plants native cerrado*. 167f. Dissertation, Faculty of Pharmaceutical Sciences of Araraquara, UNESP, Araraquara.
- Sassine VJ (2009). *Cities - Cerrado lose 10 FDs 2050*. Available at: <<http://www.ascom.ufg.br/pages/12602>>. Accessed on 26 March 2014.
- WHO - World Health Organization (2007). *Control of the Leishmaniasis*. Geneva, WHO, (Techn.Rep.Ser 703), p. 158.

Capítulo III

Resumo dos eventos extremos e o clima no semestre de janeiro a junho de 2020

Recebido em: 02/01/2021

Aceito em: 15/01/2021

 10.46420/9786588319482cap3

Mamedes Luiz Melo^{1*}

Andrea Malheiros Ramos¹

Udo Skielka²

INTRODUÇÃO

Atualmente há uma preocupação e discussões com as questões referentes às mudanças e suas consequências ambientais com o aumento das temperaturas e diminuição das precipitações. Segundo diversos relatórios como da NASA (National Aeronautics and Space Administration) e NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) o planeta caminha para um aquecimento até o fim deste século causando diversos prejuízos como o deslocamento de milhões de pessoas em razão do aumento do nível do mar, secas ocasionando danos graves à produção de alimentos, aumentos de focos de incêndios, além das ocorrências frequentes de fenômenos climáticos extremos. Este trabalho apresenta um resumo dos principais eventos extremos de tempo que ocasionaram transtornos a sociedade, além de uma análise do clima ocorridos no semestre de janeiro a junho de 1961 a 2020 no país, considerando as temperaturas (média, máxima e mínima) e chuva durante os semestres analisados, a partir de informações obtidas em termos de valores médios da Normal Climatológica 1981-2010 disponível no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desta análise utilizamos e os dados das estações meteorológicas convencionais da Instituição, fornecidos pelo Sistema de Informações Meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (SEPINF/INMET). As séries das anomalias das temperaturas (máxima e mínima) apresentadas referem-se às médias mensais dos extremos diários e as anomalias de temperatura média e dos acumulados de precipitação referem-se às médias mensais obtidas a partir de dados diários do Banco de dados das estações convencionais do INMET. Todas as anomalias apresentadas tiveram como referência a Normal Climatológica 1981-2010. Os dados foram agrupados de forma anual, dentro do período de janeiro a junho de 1961 a 2020 e o cálculo das anomalias foram obtidas a partir da diferença

¹ Instituto Nacional de Meteorologia, INMET.

² Organização Meteorológica Mundial, OMM.

* Autor(a) correspondente: mamedes.melo@inmet.gov.br

ponto a ponto entre a variável (x) registrada no mês e ano, desde 1961 a 2020, e a climatologia (X), no caso a Normal Climatológica 1981-2010 desta mesma variável, ou seja, $A = x - X$. Em relação ao destaque dos eventos extremos que aconteceram de janeiro a junho de 2020, as informações foram oriundas de diferentes fontes levantadas sobre os desastres e seus impactos na sociedade que ocorreram no país, como jornais, sites, além de dados do INMET e CEMADEN, sendo a fonte para citar os valores extremos registrados no semestre de janeiro a junho de 2020.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Temperaturas (média, máxima e mínima)

O Gráfico 1, mostra que a anomalia de temperatura média do ar em relação a Normal Climatológica 1981-2010 para o período de janeiro a junho de 2020 identifica um aumento da temperatura principalmente na última década com o máximo ocorrido em 2019 (1,5°C), mantendo a tendência em 2020 (1,0°C) sendo que esse aumento também foi observado mundialmente, segundo dados NASA/NOAA. Destaque também para os anos de 2016 (1,1°C) e 2017 (1,0°C) com aumento significativo da temperatura nos últimos 5 anos. Em relação ao comportamento por Regiões do país, o Gráfico 2 mostra que as Regiões Norte (0,8°C), Nordeste (1,2°C) e Centro-Oeste (0,9°C) foram os mais quentes quando comparados com as Regiões Sul e Sudeste as quais ficaram em 0,3°C e 0,2°C, respectivamente.

Para a temperatura mínima, 2020 registrou 20,3°C que corresponde ao segundo maior valor desde 1963 e o primeiro foi em 2019 de 20,6°C. Na Região Norte, 2020 registrou 23,4°C (valor também observado em 2003, 2013, 2014, e 2015) e o valor máximo foi de 23,7°C registrado em 2010. No Nordeste, apresentou o segundo recorde, desde 1961, de 20,8°C em 2020, sendo o primeiro registrado em 2019 de 20,9°C aumento gradual da mínima desde 2015. No Centro-Oeste foi o terceiro recorde da série de 20,6°C (o mesmo registrado em 2017), o segundo foi de 20,7°C em 2016 e o primeiro em 2019 de 20,8°C. Já para as Regiões Sudeste e Sul, o período de janeiro a junho apresentou temperaturas mais amenas quando comparado com os últimos dois anos, de 18,4°C no Sudeste e 15,3°C no Sul, quando comparado com os últimos dois anos, mas manteve o padrão quente observados nos últimos cinco anos, com máximo em 2015 de 19,5°C no Sudeste e de 16,8°C em 2019 no Sul.

Em relação a temperatura máxima, o período de janeiro a junho de 2020 (30,4°C) mostra que foi o quinto mais quente desde 1961 sendo que o primeiro foi em 2019 registrando 31,0°C. Analisando por Regiões, o destaque fica para a Região Norte como a mais quente quando comparado com as demais Regiões, com média de 32,3°C e em relação a toda série histórica, ficou em terceiro, igualando com o ano de 1998 e o primeiro foi de 32,6°C observado em 2016 e 2010. No Sul, a temperatura máxima manteve-se quente como nos últimos três semestres de 25,9°C, refletindo um aumento desde 2018.

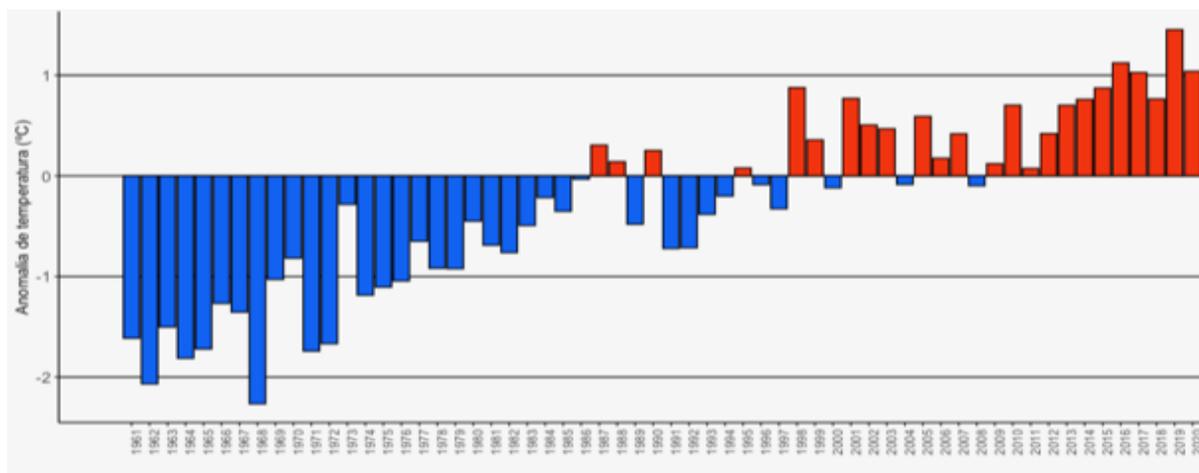


Gráfico 1. Anomalia da temperatura média do ar no semestre janeiro-junho de 2020 no país em relação a Normal Climatológica 1981-2010. Fonte: INMET.

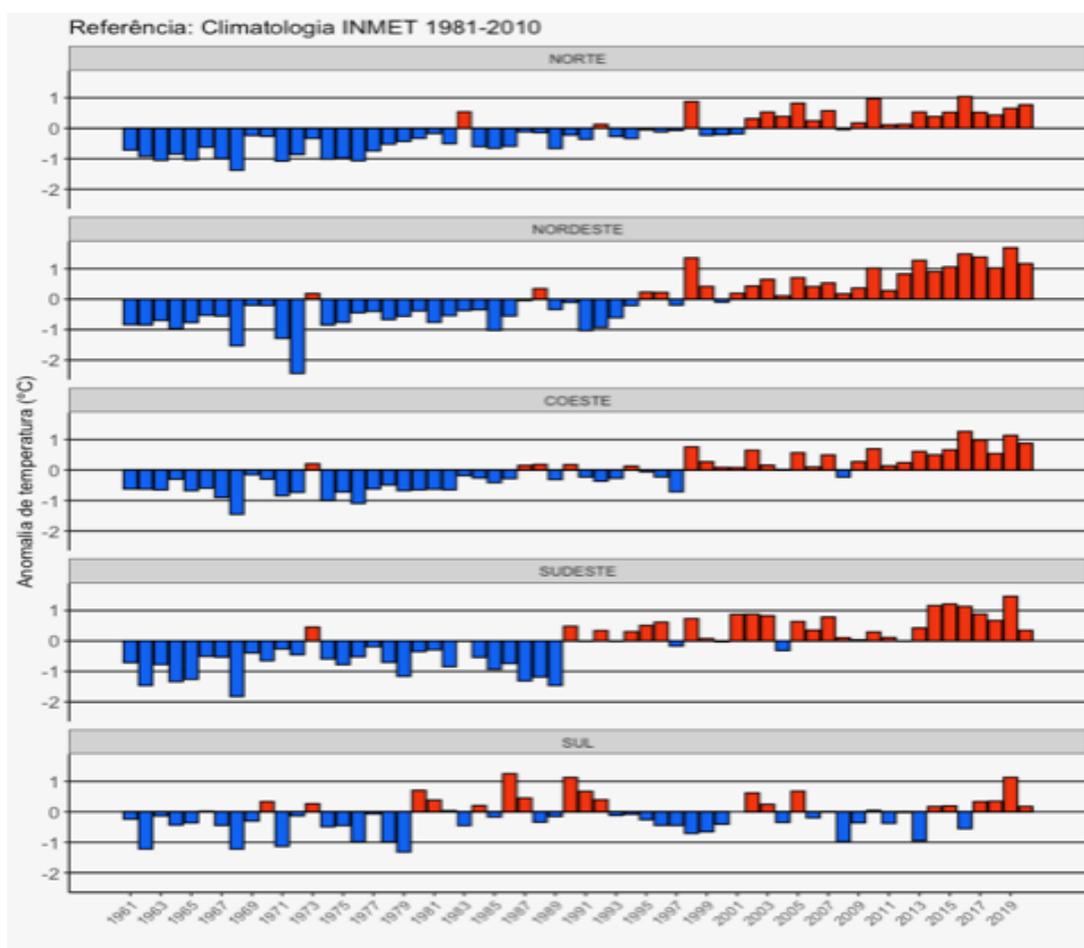


Gráfico 2. Anomalia da temperatura média do ar no semestre janeiro-junho de 2020 por Regiões (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul) em relação a Normal Climatológica 1981-2010. Fonte: INMET.

Precipitação

No período de janeiro a junho de 2020, período este que está inserido o verão que é caracterizado por condições de tempo quente e com os maiores volumes de chuva (Gráfico 3) quando comparado com os outros meses do ano, verifica-se que nos últimos cinco anos o país registrou chuvas abaixo da média, impactando principalmente na questão de abastecimento de água; porém, em 2020, verificou-se que o volume de chuva ficou acima da climatologia. Esse sinal positivo ficou mais evidente no Centro-Oeste (Gráfico 4). No Norte o comportamento da chuva neste período registrou chuva acima da média desde 2017, depois de um forte episódio de El Niño em 2016. No Nordeste, o sinal foi positivo depois de oito anos com chuvas abaixo da média e, no Centro-Oeste, as chuvas ficaram acima da média, como já observado desde 2017, sendo que em 2020, as chuvas foram expressivas principalmente no trimestre Jan-Fev-Mar, em todos os estados da Região. No Sul e no Sudeste, as chuvas ficaram levemente abaixo da média, refletindo ainda um padrão verificado em seis anos no Sudeste, sendo que 2019 foi o menos chuvoso e, finalmente no Sul, apesar de 2019 ter ficado com chuva acima da média, este ano refletiu um padrão de seca observada principalmente nos primeiros meses. Em suma, nos últimos seis anos o país apresentou o mesmo padrão de anomalia de temperatura observado mundialmente, com aumento da temperatura média do ar, enquanto que as precipitações em 2020, principalmente do centro ao norte do país, condicionaram ser no primeiro semestre como chuvoso.

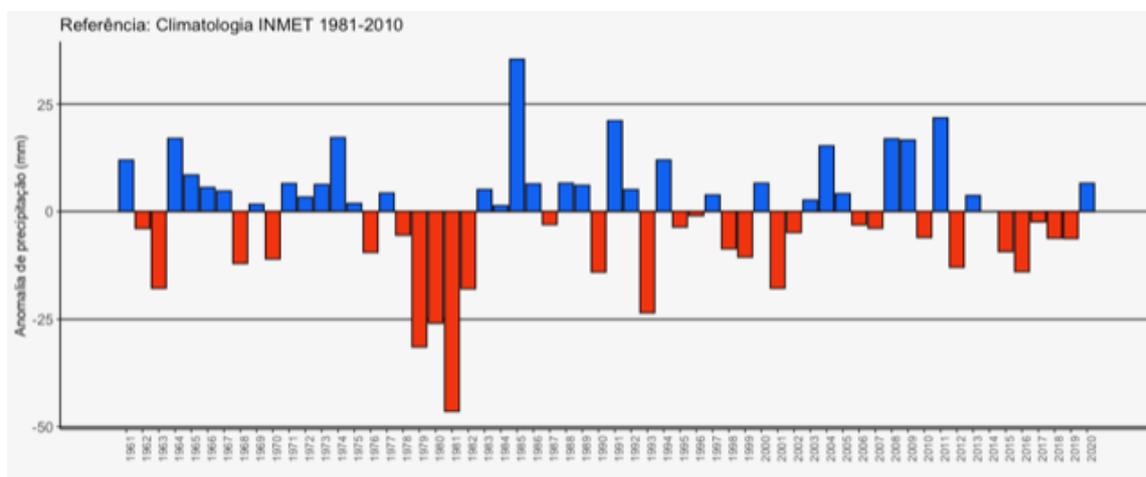


Gráfico 3. Anomalia de precipitação para o semestre de janeiro a junho de 2020 em relação a Normal Climatológica de 1981-2010 para o Brasil. Fonte: INMET.

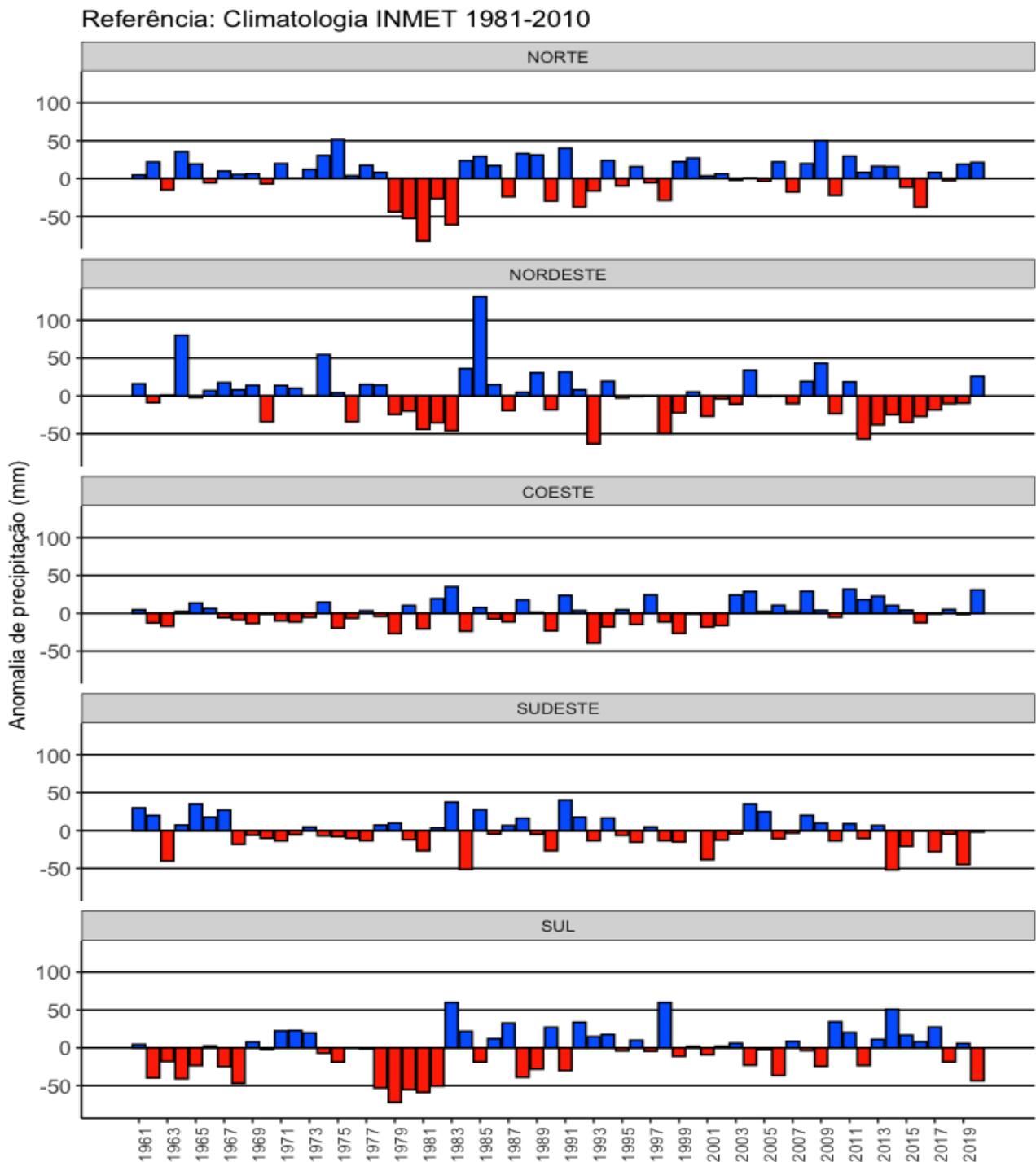


Gráfico 4. Anomalias da quantidade de precipitação no semestre janeiro a junho de 2020 por Regiões Brasileiras, em relação ao valor da Normal Climatológica 1981-2010. Fonte: INMET.

O Gráfico 5 mostra a distribuição de todos os primeiros semestres da série 1961-2020 para a relação entre anomalia de temperatura média (eixo y) e anomalia de precipitação (eixo x). Em síntese, neste Gráfico os anos mais quentes e chuvosos (frios e secos) se encontram mais próximos do canto superior direito (inferior esquerdo). Pode-se observar no referido Gráfico que os semestres mais quentes da série ocorreram nos 5 anos últimos anos, sendo os mais elevados 2016, 2017 e 2020 (+1,12 °C, +1,03

°C e +1,04 °C, respectivamente) e com destaque para 2019 como o semestre mais quente registrado (+1,45 °C). Este levantamento novamente corrobora as anomalias de temperatura globais levantadas por outros centros meteorológicos. Em relação às chuvas observadas nos referidos semestres, destaca-se 2016 e 2019, com chuvas quase 10% abaixo da climatologia no país; já em 2020 as chuvas no país ficaram 5% acima da climatologia. Ainda no Gráfico 5, os semestres dos anos mais recentes (após a virada do século) e mais chuvosos ($\geq 110\%$) apresentaram anomalias de temperatura próximas a zero.

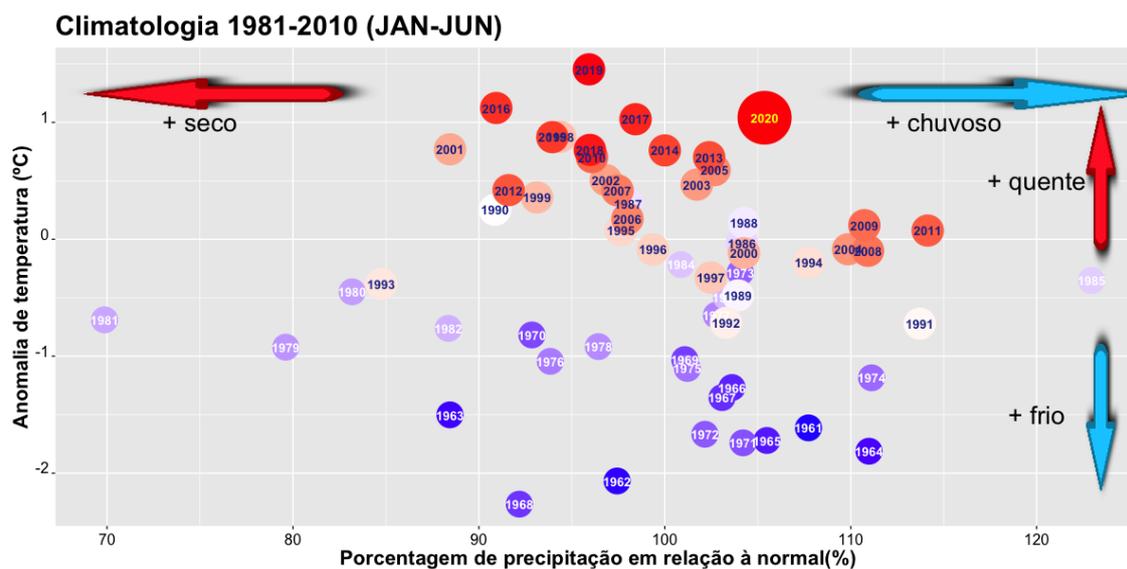


Gráfico 5. Temperatura média do ar (°C) e precipitação (mm) no semestre janeiro a junho em 2020 em relação a Normal Climatológica de 1981-2010 para o Brasil. Fonte: INMET.

Valores Extremos registrados no semestre janeiro a junho de 2020:

Menor valor da temperatura mínima

- Norte: 14,7°C em Lábrea, Amazonas, no dia 25 de maio,
- Nordeste: 9,2°C em Santa Rita de Cássia, Bahia, no dia 30 de junho,
- Centro-Oeste: 5,1°C em Jataí, Goiás, no dia 28 de maio,
- Sudeste: 1,2°C em Passo Quatro, Minas Gerais, no dia 27 de maio,
- Sul: -4,6°C em Urupema e Bom Jardim da Serra, Santa Catarina, no dia 15 de maio.

Maior valor da Temperatura Máxima (°C)

- Norte: 39,2°C em Itaituba, Pará, no dia 30 de março,
- Nordeste: 39,7°C em Porto de Pedras, Alagoas, no dia 11 de maio,
- Centro-Oeste: 39,5°C em Poxoréo, Mato Grosso, no dia 03 de fevereiro,
- Sudeste: 40,0°C em Araçuaí, Minas Gerais, no dia 13 de janeiro,
- Sul: 40,1°C em Bagé, Rio Grande do Sul no dia 14 de março.

Maior valor da quantidade de precipitação em 24h

- Norte: 195,6 mm em Belém, Pará, no dia 09 de março,

Nordeste: 198,8 mm em Imperatriz, Maranhão em 16 de março,
Centro-Oeste: 172,4 mm em Diamantino, Mato Grosso, no dia 26 de março
Sudeste: 171,8 mm em Belo Horizonte, Minas Gerais, no dia 24 de janeiro,
Sul: 181,4 mm em Cruz Alta, Rio Grande do Sul, em 30 de junho.

Maior valor da intensidade máxima do vento (rajada)

Norte: 130 km/h em Dom Eliseu, Pará, no dia 02 de fevereiro,
Nordeste: 170,3 km/h em Angical do Piauí, Piauí, no dia 31 de maio,
Centro-Oeste: 146,5 km/h em Laguna Carapã, Mato Grosso do Sul, no dia 14 de abril,
Sudeste: 174,9 km/h em Ecoporanga, Espírito Santo, no dia 02 de janeiro,
Sul: 161,6 km/h em Laguna – Farol de Santa Maria, Santa Catarina, no dia 04 de abril.

Destaques meteorológicos no semestre de janeiro a junho de 2020

Em **janeiro** ocorreram eventos de chuvas forte em áreas da Região Sudeste entre os dias 17 e 19 causando alagamentos, interdição de vias públicas, complicações no trânsito com mais de 1,6 mil pessoas desalojadas com o governo decretando estado de calamidade. Do dia 17 e 19 choveu em São Paulo (SP) e região serrana do Rio de Janeiro (RJ), mas não foi tão forte quanto no Espírito Santo (ES) e Minas Gerais (MG), devido a atuação de uma frente fria com convergência de umidade em direção a essa Região, ou seja, a frente fria com deslocamento pelo litoral associado com a convergência de umidade caracterizando um evento de ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) que influenciou as condições de tempo durante o mês de janeiro. Outro episódio de ZCAS na última semana do mês, atundo principalmente entre o leste de MG, ES e norte do RJ, também causou estragos e danos a sociedade como um todo. As chuvas intensas começaram entre os dias 23, intensificando em 24 horas e aumentou sua intensidade nos dias posteriores. Além de deslizamento de terra, alagamentos e enxurradas, pessoas foram a óbito. Ressalta-se que a partir do dia 23 houve um avanço de um amplo cavado em níveis médios da atmosfera com reflexo na superfície e nos horários subsequentes, a atuação deste cavado favoreceu a formação de um centro de baixa pressão inicialmente com características subtropicais que ao ultrapassar os 65 km/h foi designado como tempestade subtropical Kurumi e nos horários posteriores o centro de baixa pressão se deslocou para o sul e adquiriu características extratropicais, com um ramo frontal. Janeiro foi o mais chuvoso da história de medição em Belo Horizonte (MG), desde 1910 com quase o triplo da normal climatológica do mês, chovendo 935,2 mm o que representa mais da metade da média anual que é 1.602,6 mm e o recorde anterior era de 850,3 mm registrado em janeiro de 1985. Em Belo Horizonte (MG), o recorde de dia mais chuvoso (período de 24 horas) foi no dia 24, quando o acumulou 171,8 mm ultrapassando a marca histórica de 164,0 mm em 1978. De acordo a defesa civil de MG, 54 pessoas

morreram, cerca de 40.000 pessoas foram desalojadas, 8.157 desabrigadas e um decreto do governo do estado colocou 101 municípios em estado de emergência devido as chuvas. No ES, o número de vítimas fatais chegou a dez (10), 2.030 desabrigados e com cerca de 13.000 desalojadas e o governo federal reconheceu o estado de calamidade pública nos municípios de Alfredo Chaves, Iconha, Rio Novo do Sul e Vargem Alta e posteriormente o estado decretou calamidade pública para Iúna e Conceição do Castelo e situação de emergência em 17 (dezesete) outros municípios. No Rio de Janeiro até 03 de fevereiro, 13 mil desalojados ou desabrigados e 3 (três) pessoas morreram vítimas das enchentes. Já a última chuva forte que causou transtornos foi no dia 28 e afetou principalmente a parte oeste e centro-sul do país.

Em **fevereiro** os eventos significativos aconteceram principalmente na faixa leste do estado de SP e, o mais significado, foi da noite do dia 9 e madrugada do dia 10 na capital São Paulo e o Litoral, deixando as localidades afetadas em situação de emergência para deslizamentos de terra e transbordamentos de rios, com chuvas intensas persistindo ao longo do mês, devido atuação de frente fria associada com a ZCAS e que no dia 14, outra configuração da ZCAS voltou a influenciar e provocar chuvas intensas também em MG, RJ e ES. Este evento do dia 10 acumulou em 24 horas na estação Mirante de Santana (SP) 114 mm, recorde desde 1983 com registro de chuvas intensas também na parte oeste e centro do estado, com acumulado mensal de 449 mm (a climatologia é de 249,7 mm), sendo o mês mais chuvoso desde o início da medição, em 1943, superando o recorde anterior de 445,5 mm registrado em 1995. Entre os dias 9 e 11 de fevereiro, 5 (cinco) pessoas morreram no estado de São Paulo. Em Santos, litoral de SP, o acumulado mensal foi de 916,6mm e foi o mais chuvoso na cidade, desde que as medições começaram, em 1939. Em Campinas (SP), de acordo com o Cepagri (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura) da Unicamp, acumulou 216 mm e a climatologia é de 190,5 mm. O Sistema Cantareira encerrou fevereiro com 61% de sua capacidade total, evitando o risco de desabastecimento. Na mesma semana, as chuvas atingiram quase todo o estado de MG, sendo o sul e a Zona da Mata, as áreas mais afetadas por estragos. Em Belo Horizonte (MG), na estação de Cercadinho, registrou o maior valor acumulado de 407 mm (a climatologia é 206,3 mm). Entre os dias 27 e 28, a cidade teve prejuízos matérias resultantes de chuvas intensas, devido atuação de um sistema frontal associado com ZCAS, registrando 58,6 mm na estação do Cercadinho e em Pampulha, 27,4 mm. No RJ, o acumulado mensal na cidade foi de 484,4 mm (a climatologia é de 176 mm), maior desde 1996, sendo o segundo recorde histórico, o primeiro foi em 785, 2 mm em 1988. Em Vitória (ES), o acumulado foi de 115,1 mm (a média histórica é de 84,9 mm).

Em **março**, as chuvas foram intensas em muitas áreas do país, enquanto que no Sul, a seca persistiu. Em Belém (PA), na região Norte, acumulou mais de 931,1 mm de chuva, 103% (o dobro) acima da média histórica para o mês que é de 450,3 mm, sendo o mais chuvoso em Belém (PA) desde 1961. Em São Paulo (SP), as chuvas ficaram abaixo da climatologia, registrando 70,6 mm (a climatologia é de 214,5 mm), sendo o mais seco na capital paulista em 36 anos, desde 1984 e o quinto menos chuvoso da

série histórica de medições do INMET (1943). Em Belo Horizonte (MG), registrou chuvas acima da média, pelo terceiro mês consecutivo em 2020, acumulando 296,8 mm (a climatologia é 198,0 mm), de forma que o total acumulado de 1.624 mm no trimestre Jan-Fev-Mar superou o esperado para o acumulado anual que é 1.603 mm. No Rio de Janeiro (RJ) choveu muito nos primeiros dias de março e ao fim dos 5 dias, acumulou mais de 150 mm, enquanto que a climatologia é 133,9 mm, devido a ZCAS que atuou de 27 fevereiro até o dia 9 de março, caracterizando o episódio mais extenso deste período chuvoso, resultando em acumulado mensal acima de 200 mm em vários bairros da cidade, como em Santa Cruz (246,6 mm), Bangu (205,6 mm) e Seropédica (203,0 mm). Em relação ao acumulado em 24 horas, o destaque foi na Vila Militar (RJ) de 169,2 mm, no dia 01. Entre 2 e 3 de março, houve o registro de 10 (dez) vítimas fatais no litoral do estado de SP, devido às chuvas intensas. Entre às 18h do dia 02 até às 06h do dia 3, Guarujá acumulou 282,0 mm, segundo CEMADEN (a climatologia do mês é de 263,4 mm). Em Santos (SP), acumulou 218 mm em um período de 12 horas entre os dias 02 e 03 e a climatologia é de 253,3 mm. Em relação as capitais da Região Nordeste, devido a atuação do vórtice ciclônico nos altos níveis (VCAN), as chuvas ficaram acima da climatologia com destaque em São Luís (MA), que registrou 660,0 mm, ficando 42% acima da média. Em Imperatriz (MA), registrou 899,0 mm e a climatologia é de 296,0 mm. Na Região Sul, a seca predominou em março. Em Porto Alegre (RS), a chuva foi escassa em janeiro, fevereiro e março, também prevaleceu a falta de chuva, com diversas cidades gaúchas que ficaram em estado de emergência por causa da seca, chovendo 22,9 mm, ficando 75% abaixo da climatologia. Em Curitiba (PR), a chuva acumulada foi de 11,6 mm (menor valor para o mês de março desde a instalação da estação, que ocorreu em 1998). Na Região Centro-Oeste, as chuvas ficaram abaixo da climatologia, em Cuiabá (MT) registrou 85,0 mm, o que representa 61% abaixo da climatologia que é de 217,5 mm, enquanto que em Brasília (DF), registrou 263,0 mm (a climatologia é de 211,8 mm), devido a atuação da borda do VCAN que gera áreas de instabilidades em pontos isolados.

Em **abril**, chuvas acima da média no norte das Regiões Norte e Nordeste, devido a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principalmente na primeira quinzena do mês e da atuação de ZCAS que também influenciou chuvas acima da média na parte central e interior do Nordeste e nas demais regiões, as chuvas ficaram abaixo da média. No Sul, a estiagem persistiu durante todo o mês com temperaturas mínimas abaixo da média, o que também foi observado em São Paulo e parte do Mato Grosso do Sul. No Centro-Oeste, o mês foi considerado o segundo mais chuvoso da história da capital federal, acumulando 312,0 mm, ultrapassando em cerca de 40% a média (133,4 mm). O primeiro é de 375,9 mm em 2009 e tal padrão foi em função do resultado da massa de ar frio que atuou ao longo do mês. Na cidade de São Paulo (SP) foi o quarto mês menos chuvoso com 7,4 mm e a climatologia é de 82,1 mm. No reservatório do Cantareira, abril foi o mês mais seco dos últimos 20 anos, segundo dados da Sabesp. Na região Sul, o mês foi um dos mais frio dos últimos 20 anos em algumas áreas como em Urupema, com mínima de -4°C no dia 08, em Dom Pedrito (RS) a mínima foi de 3°C, sendo a menor para o mês, provocando a primeira

geada do ano, enquanto que a estiagem desde março, se manteve durante o mês, principalmente no Rio Grande Sul. No Paraná, as chuvas ficaram abaixo da climatologia praticamente em todas as cidades, com destaque em Cascavel com déficit superior a 100,0 mm e em Curitiba, o acumulado foi de 15,6 mm, sendo o segundo mês consecutivo com valores abaixo de 20,0 mm, agravando a questão de abastecimento de água em diversos municípios. Em Belo Horizonte (MG) no período de 1 a 16 ficou cerca de 30% da climatologia do mês, registrando 94,1 mm enquanto que a climatologia mensal é de 74,7 mm. Na segunda quinzena do mês, houve aumento de chuvas na parte leste da Região Nordeste, com destaque do acumulado mensal de chuva em Salvador (BA) de 545,5 mm e a climatologia é de 300,0 mm, sendo o segundo abril mais chuvoso dos últimos 30 anos e os maiores acumulados de chuva foram: dia 06 foi de 75 mm, dia 21 foi de 62,6 mm e no dia 27 foi de 91,5 mm.

Uma intensa frente fria avançou no país, nos primeiros dias de **maio**, com chuva registrada nos dias 4 e 5 na Região Sul; devido aos avanços de frentes com eventos de chuvas fortes, amenizaram o quadro de estiagem, exceto no Paraná; influenciando também no Sudeste, principalmente em MG e RJ, porém, o frio da massa polar associada à frente fria, que atuou a partir do dia 6, sendo considerada a primeira onda de frio do outono país, ocasionou a queda nas temperaturas em São Paulo, centro-sul de MG, Rio de Janeiro, Mato Grosso, Rondônia, Acre e até no sul do Amazonas, caracterizando o fenômeno da Friagem. No decorrer do mês, houve registro de baixas temperaturas devido a influência das frentes frias, em áreas do Sudeste e na última semana do mês, uma outra massa de ar frio de origem polar foi configurada na retaguarda do sistema frontal, registrando as temperaturas mais baixo no Sul e Sudeste para o ano. A forte queda da temperatura nesta segunda onda de frio de maio começou a ser sentida no dia 24 de maio e o frio aumentou especialmente a partir do dia 26. Essa segunda onda de frio foi a mais forte, com queda de temperatura em áreas das Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, em Rondônia, no Acre e no sul do Amazonas, caracterizando o segundo fenômeno de Friagem.

Pela medição do INMET a menor temperatura registrada no Brasil foi de **-4,6°C, no dia 15 de maio, nas cidades de Urupema e de Bom Jardim da Serra**, no alto da serra de Santa Catarina. Durante a última semana, por vários dias, as temperaturas foram as mais baixas com recordes nas capitais, como no dia 24 foi de 7,1°C em Campo Grande (MS); dia 26 em Cuiabá (MT) foi de 13,9°C, dia 27 em Goiânia (GO) foi de 7,6°C e, nesse mesmo dia, em Florianópolis (SC) foi de 8,4°C e, no dia 29, em São Paulo (SP) foi de 9,6°C e em Belo Horizonte (MG) foi de 8,3°C. No dia 28, as cidades do sul de MG, registraram a madrugada mais fria do ano e com geada intensa em algumas cidades, com mínima de -1,7°C em Maria da Fé e -0,9°C em Caldas. No dia 22, Salvador (BA) amanheceu com chuvas intensas e fortes rajadas de vento, de acordo com o CEMADEN entre 9h da manhã do dia 21 e 9h do dia 22, choveu 131,0 mm e no mesmo período, a estação do INMET registrou 98,0 mm, de forma que o total acumulado foi de 327,9 mm, sendo que sua climatologia é de 280,0 mm (17% acima).

Em junho, frentes frias influenciaram mais na região Sul, principalmente no Rio Grande do Sul. As chuvas de forma mais isoladas, aconteceram no norte da Região Norte e em partes isoladas no Nordeste, sul do Paraná, Santa Catarina e sul do Rio Grande do Sul, mantendo a estiagem em boa parte do Paraná. O destaque foi a atuação de um ciclone extratropical, fenômeno comum durante o outono/inverno no centro-sul do Brasil, se organizou entre a Argentina, o Brasil e o Uruguai causando ventos fortes sobre o Rio Grande do Sul, na madrugada do dia 18, com intensas rajadas de vento no decorrer do dia, como a registrada em Urubici (SC) que foi de 115 km/h, em Jaguarão (RS) com 88 km/h, em Chuí (RS) com 83 km/h e em Santa Maria (RS) foi de 81 km/h. O deslocamento do ciclone extratropical ainda provocou fortes rajadas de vento em Santa Catarina na ordem de 100 km/h e no Paraná na ordem de 80 km/h. Na última semana do mês, uma frente fria no sul do Brasil, ajudou a evitar a entrada de uma grande nuvem de gafanhotos, sendo que no dia 24, estava aproximadamente à 130 km de distância, em linha reta, da cidade de Barra do Quaraí (RS), na fronteira com a Argentina. A nuvem de gafanhotos veio do Paraguai, nas províncias de Formosa e Chaco, onde há produção de mandioca, milho e cana-de-açúcar. Seu deslocamento foi influenciado pela direção dos ventos e a ocorrência de altas temperaturas, que o levaram a percorrer a 150 quilômetros em um dia. No último dia de junho (30) e 01 de julho, um ciclone extratropical, fenômeno também chamado de "ciclone bomba" (devido ao seu rápido desenvolvimento com o tempo) passou pelo sul do Brasil, causando chuvas torrenciais, queda drástica nas temperaturas, rajadas de ventos acima de 100 km/h, surgindo próximo ao Paraguai e seguiu pelo oceano Atlântico e, ao se deslocar pelo oceano, afetou mais a costa e provocou agitação do mar com ressaca no litoral do Rio Grande do Sul, com ondas chegando até 3 metros de altura e esse ciclone mudou as condições de tempo nas Regiões Sul e Sudeste, principalmente no Rio Grande do Sul e Santa Catarina onde o fenômeno provocou estragos. No dia 01 de julho, o ciclone extratropical ficou afastado da costa brasileira, mas a frente fria associada a ele, continuou causando chuvas fortes e rápidas em áreas do centro e leste de SP e no RJ. No sul do Brasil, as tempestades do dia 30 de junho, por causa das áreas de instabilidade que se formaram na vanguarda do centro de baixa pressão e devido ao rápido aprofundamento da pressão em 24 horas, gerou o intenso ciclone bomba. No Sudeste, os efeitos foram menores, com quedas de temperaturas em São Paulo, sendo que a Marinha emitiu alerta de agitação no mar desde o Rio Grande do Sul até o Rio de Janeiro. O ciclone causou danos materiais e físicos, sendo 10 mortes confirmadas; no sul do país, houve ventos fortes como os registrados em Santa Vitória do Palmar (RS), onde as rajadas atingiram em torno de 116,6 km/h e em Santa Catarina, os ventos chegaram até 120 km/h, que, segundo a Defesa Civil local, além de queda de energia, destelhamento de imóveis, árvores derrubadas e portos com atividades interrompidas, afetou mais de 700 mil pessoas; 101 dos 295 municípios catarinenses registraram algum tipo de ocorrências relacionada ao “ciclone bomba”. Em Indaial (SC), a rajada registrada em um intervalo de 1 hora (das 15s e 16h) foi de 121 km/h, em Clevelândia (PR) foi de 120 km/h.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cemaden - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais),
<http://www.cemaden.gov.br/>

Defesa Civil de Minas Gerais, <http://www.defesacivil.mg.gov.br/>

Defesa Civil de Santa Catarina, <https://www.defesacivil.sc.gov.br/>

Governo do ES Decreta Estado de Calamidade Pública para Quatro Municípios do Sul. Disponível em
<20 de janeiro de 2020> [https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2020/01/20/governo-](https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2020/01/20/governo-do-es-decreta-estado-de-calamidade-publica-para-quatro-municipios-do-sul.ghtml)
[do-es-decreta-estado-de-calamidade-publica-para-quatro-municipios-do-sul.ghtml](https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2020/01/20/governo-do-es-decreta-estado-de-calamidade-publica-para-quatro-municipios-do-sul.ghtml)

Inmet - Instituto Nacional de Meteorologia, <https://portal.inmet.gov.br/>

Nasa - National Aeronautics and Space Administration, <https://www.nasa.gov/>

Noaa - National Oceanic and Atmospheric Administration, <https://www.noaa.gov/>

Capítulo IV

Comportamento reprodutivo e aspectos ecológicos das árvores de um remanescente florestal no município de Bandeirantes/PR

Recebido em: 06/01/2021

Aceito em: 15/01/2021

 10.46420/9786588319482cap4

Cristina Batista de Lima^{1*} 

Guilherme Augusto Shinozaki² 

Júlio César Altizani Júnior³ 

INTRODUÇÃO

Considerada um dos maiores centros de biodiversidade, com altos níveis de endemismo, a Mata Atlântica está entre as oito áreas prioritárias do planeta, em termos de estratégias de conservação. Contudo, a exploração desordenada dos recursos naturais, a forma de uso da terra e a fragmentação continuam ameaçando o equilíbrio das florestas naturais (Avila et al. 2013), deixando pequenos remanescentes florestais que se encontram isolados e circundados apenas por matriz agrícola, aceiros e estradas. Estes remanescentes estão sujeitos a intervenções e ameaças constantes, pois se encontram próximos dos grandes centros urbanos ou envolvidos por plantações de café, cana-de-açúcar e eucalipto (Zipparro et al., 2005). Da cobertura vegetal original da Mata Atlântica, restam apenas 12,4% da floresta que existia originalmente, sendo que 80% desses remanescentes, estão em áreas privadas o que coloca a Mata Atlântica como o bioma brasileiro mais ameaçado. Além disso, o Estado do Paraná está entre os cinco estados com maior índice de desmatamento no Brasil (INPE, 2019).

A colonização da região norte do Estado do Paraná avançou com o estabelecimento da Companhia de Terras Norte do Paraná, entre as décadas de 1920 e 1930. Esta região perdeu entre 1960 e 1970 586.740 ha de matas nativas e, 18.939 ha de matas plantadas (Carvalho, 1991), para dar espaço as atividades rurais e urbanas. A vegetação natural remanescente ficou isolada em pequenas áreas próximas dos grandes centros urbanos, inserida em propriedades particulares, ilhadas por culturas agrícolas como milho, soja, trigo e cana-de-açúcar, sendo os últimos representantes da biodiversidade nativa e vegetação

¹ Prof. Associado da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel - UENP/CLM, Curso de Graduação em Agronomia, Bandeirantes, PR, Brasil.

² Mestrando da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel - UENP/CLM, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Bandeirantes, PR, Brasil.

³ Graduando da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel - UENP/CLM, Curso de Graduação em Agronomia, Bandeirantes, PR, Brasil.

* Autor correspondente: crislima@uenp.edu.br

florestal, que necessitam de mecanismos de monitoramento direcionados para sua conservação sustentável.

A fragmentação reduziu e isolou áreas favoráveis à sobrevivência das populações, e influenciou sobre a quantidade de polinizadores e dispersores (Rodrigues, 2002). Cada fragmento apresenta particularidades históricas e diferentes estados de preservação, refletidos em sua composição florística e estrutural, tornando-os únicos, daí a importância da sua conservação para a manutenção da biodiversidade (Santos et al., 2003). Estes locais, necessitam de mecanismos que contribuam para sua regeneração, sendo fundamentais a chuva, o banco de sementes e de plântulas. Informações sobre a composição, diversidade de espécies e estruturas dos remanescentes florestais são fundamentais, para a proposição de medidas preservacionistas ou de recuperação.

Para Guariguata et al. (2001), estudos realizados em florestas tropicais com histórico de exploração antrópica têm contribuído para elucidar as principais variáveis bióticas e abióticas que influenciam os padrões seguidos pela sucessão e regeneração de espécies importantes. Este processo é complexo, sendo necessário conhecer o efeito da exploração sobre populações arbóreas de diferentes grupos funcionais, em áreas com diferentes fisionomias dentro do mesmo fragmento.

Os remanescentes florestais, especialmente aqueles localizados em paisagens intensamente cultivadas encontram-se alterados, isolados, muitas vezes desconhecidos e desprotegidos. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a fenologia reprodutiva e as potencialidades de uso das árvores do remanescente florestal da Água do Caixão, no município de Bandeirantes/PR.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no fragmento florestal na microbacia da Água do Caixão, com área aproximada de 216,44 ha, localizado a 3 km do município de Bandeirantes/PR, próximo à rodovia Gilberto Freire (PR-438), sob as coordenadas geográficas de 23° 06' 36" Latitude Sul e 50° 22' 03" Longitude Oeste, a 440 m de altitude (Figura 1).

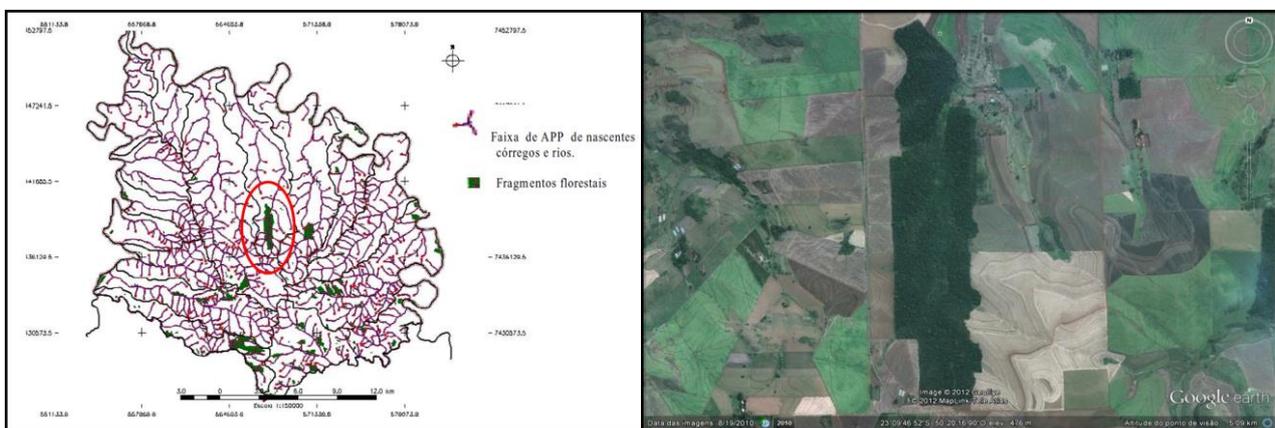


Figura 1. Descrição da área de estudo: a) localização do fragmento florestal na microbacia da Água do Caixão. Fonte: Reis (2003); b) vista aérea do remanescente em Bandeirantes/PR. Fonte: Google Earth, 2020.

Foram realizadas 60 visitas ao fragmento florestal em intervalos quinzenais, durante quatro anos, desde que houvesse condições de acesso (estradas) e de clima (chuva) favoráveis. Durante as visitas foi coletado material vegetal com estruturas reprodutivas das árvores que estivessem em período de florescimento, ao longo de todo o perímetro da borda do fragmento. Após cada coleta, as coordenadas geográficas da árvore foram registradas com a utilização de um aparelho de posicionamento global (GPS). No total foram preparadas 176 exsicatas, onde para cada coleta foram preparadas quatro exsicatas, sendo duas enviadas para identificação e, duas armazenadas em local adequado como precaução.

As exsicatas identificadas (Figura 2) foram incorporadas a coleção do Centro de Educação e Pesquisa Ambiental, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel (UENP/CLM), Bandeirantes/PR. Com base na identificação botânica dos exemplares foram elaboradas fichas para reunir informações sobre a descrição, utilização das árvores bem como, realizada uma revisão bibliográfica sobre os tipos de usos, as características de produção de sementes e mudas.

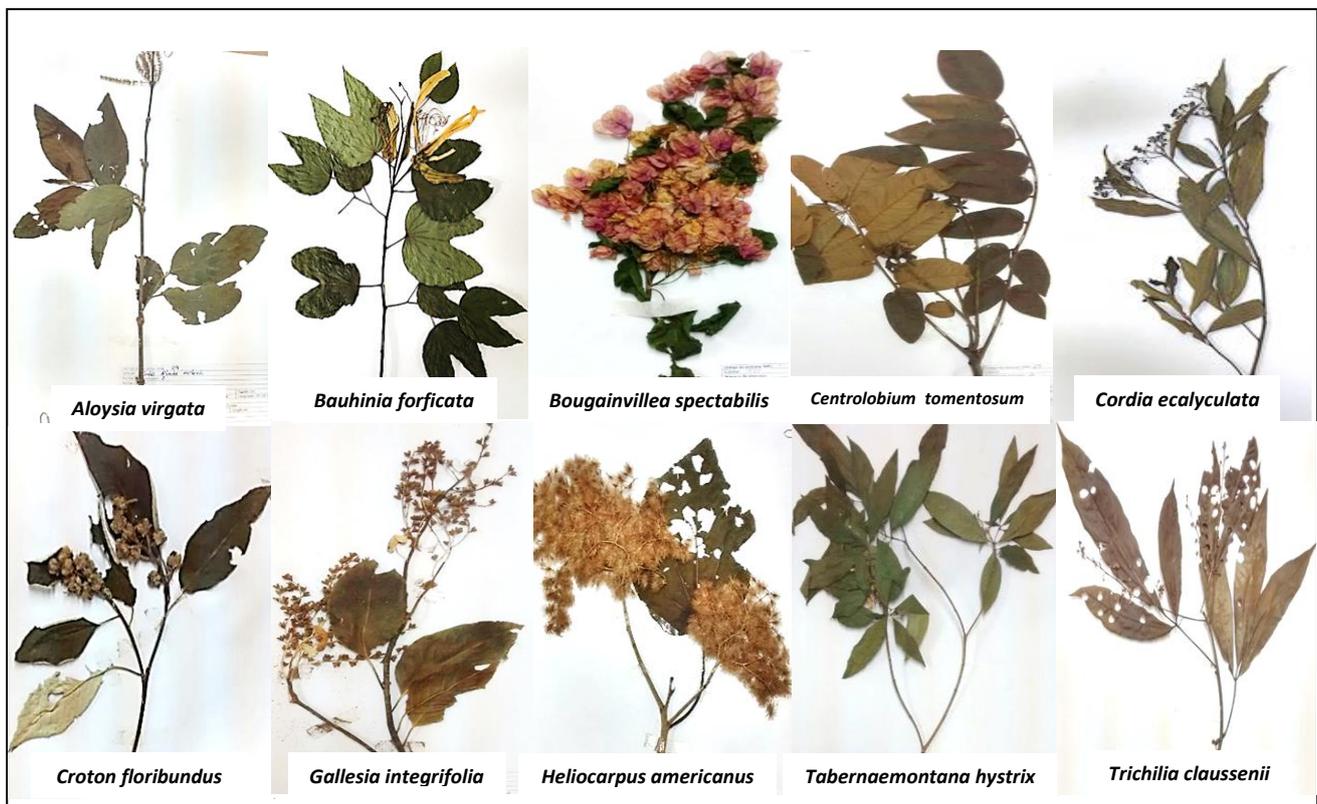


Figura 2. Exsicatas de espécies identificadas no remanescente florestal da Água do Caixão em Bandeirantes/PR. Fonte: os autores, 2020.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas dez exsiccatas a nível de espécie (Tabela 1), três somente gêneros (*Aloysia* sp., *Astronium* sp. e *Ocotea* sp.) e, três apenas famílias (Fabaceae, Malpighiaceae e Verbenaceae). A árvore popularmente conhecida por capixingui (*Croton floribundus* Spreng.), apresentou a maior frequência (16%), sendo encontrada na fase reprodutiva na maioria das visitas. Este resultado corrobora com o descrito no estudo que elegeu as espécies indispensáveis para a restauração de ambientes degradados a partir de parâmetros ecológicos, no qual *C. floribundus*, se destacou quanto aos índices densidade de indivíduos, regeneração natural total, posição sociológica relativa e valor de importância (Rondon Neto et al., 2000).

Conforme Lorenzi (2002), o capixingui é uma árvore pioneira que ocorre na floresta latifoliada semidecídua no Estado do Paraná, portanto, sua presença e frequência no local de estudo era esperada. Segundo Durigan et al. (2002), a capixingui é abundante em formações secundárias, repovoando clareiras e proliferando em bordas de matas, sendo utilizada em reflorestamentos mistos, protetivos e comerciais, o que a torna, segundo Rondon Neto et al. (2000) uma espécie essencial para recuperação de áreas fragmentadas.

De acordo com Meira-Neto et al. (2002) a comparação das semelhanças e diferenças da composição florística entre diferentes regiões permite compreender a fitogeografia de uma comunidade florestal, possibilitando estabelecer espécies indicadoras e possíveis fatores de variação. Neste sentido, os gêneros *Cordia* e *Gallesia* foram frequentes em um segmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Maringá/PR, sinalizando uma possível predominância de espécies arbóreas neste ecossistema (Roderjan et al., 2002).

Tabela 1. Frequência de ocorrência e indicações de uso das espécies arbóreas encontradas no remanescente florestal da Água do Caixão. Bandeirantes/PR, 2020.

Espécie	Freq. (%)	Nome	Uso
<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Pers. ^{1*}	10	Lixeira	Ornamental, apícola, princípio bioativo, ecológico, madeireiro.
<i>Bauhinia forficata</i> Link ²	10	Pata de vaca	Ornamental, medicinal, reflorestamento
<i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd. ³	10	Primavera	Ornamental
<i>Centrolobium tomentosum</i> Guill. ex Benth. ²	12	Araribá	Ornamental, alimentícia, medicinal, princípio bioativo, lenha, carvão, reflorestamento, madeireiro, artesanato.

<i>Cordia ecalyculata</i> Vell. ⁴	10	Café-de-bugre	Ornamental, apícola, alimentícia, princípio bioativo, ecológico, madeireiro
<i>Croton floribundus</i> Lund ex Didr. ⁵	16	Capixingui	Apícola, medicinal, princípio bioativo, lenha, fibra, ecológico, madeireiro
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms ⁶	12	Pau-d'álho	Ornamental, apícola, medicinal, princípio bioativo, lenha, artesanato, madeireiro, sistema silvipastoril
<i>Heliocarpus americanus</i> L. ⁷	12	Jangada brava	Ornamental, ecológico, madeireiro
<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud. ⁸	10	Leiteiro	Carvão, frutíferas para pássaros, lenha, marcenaria, ornamental
<i>Trichilia clausenii</i> C. DC. ⁹	10	Catiguá vermelho	Madeireiro, reflorestamento

*Família: ¹Verbenaceae, ²Fabaceae, ³Nyctaginaceae, ⁴Cordiaceae, ⁵Euphrobiaceae, ⁶Petiveriaceae, ⁷Malvaceae, ⁸Apocynaceae, ⁹Meliaceae

O araribá foi a árvore com maior potencialidade de usos descritos na literatura científica (Tabela 1). Para Dean (2004) a superexploração dos recursos florestais como madeira, frutos, lenha, caça e o uso da terra para pastos, agricultura e silvicultura são causas imediatas da perda de habitat. As matas remanescentes continuam a ser alvo da extração de lenha de modo ilegal, coleta de plantas, produtos vegetais e invasão por espécies exóticas (Tabarelli et al., 2005).

A fragmentação generalizada da floresta limita a migração e a colonização de espécies, necessárias para a persistência das populações a longo prazo. Segundo Bradshaw et al. (2009), a degradação do ecossistema pode acarretar em modificações na dinâmica de distribuição das espécies e alteração do ciclo hidrológico, aumentando o já alarmante número de espécies ameaçadas de extinção.

O agrupamento de informações relativas a produção de mudas de árvores nativas permite o estabelecimento de práticas de manejo adequadas para as diferentes espécies, viabilizando trabalhos de conservação e recuperação de áreas degradadas. Os fragmentos florestais são imprescindíveis como reserva de germoplasma das espécies de plantas nativas (Zangaro, 1997). Onde a sucessão natural não pode ser estabelecida, o plantio sustentável de árvores nativas é uma alternativa promissora, que pode auxiliar a produção de mudas como fonte de renda para pequenos produtores que estão no entorno dos remanescentes, contribuindo para redução do extrativismo e, conservação dos recursos genéticos vegetais (Lima et al., 2018).

Tabela 2. Características da produção de sementes e mudas das principais espécies arbóreas encontradas no remanescente florestal da Água do Caixão. Bandeirantes/PR.

Espécie	Sementes			Mudas	
	Produção*	Germinação	ARZ	TDV	Crescimento
<i>Aloysia virgata</i>	6.670.000 ¹	Alta ¹	Acima de 6 ¹	4-5 ¹	Rápido e rústico ¹
<i>Bauhinia forficata</i>	6.400 ¹	Alta ¹	Até 6 ¹		Moderado ¹
<i>Bougainvillea spectabilis</i>	8.000 ¹	Acima de 80% ¹	12 ¹	2-3 ¹	Rápido ¹
<i>Centrolobium tomentosum</i>	60-110 (s/asas) ² 55-120 (c/asas)	70-90% ²	Até 6 ¹	6 ²	20 (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹) ²
<i>Cordia ecalyculata</i>	5.400 ¹	Até 53% ³	Até 24 ²	7 ²	9,2 (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹) ²
<i>Croton floribundus</i>	Até 30.000 ²	Até 50% ²	4 ²	4-5 ¹	6,4 (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹) ²
<i>Gallesia integrifolia</i>	Até 19.000 ²	70-100% ²	Acima de 6 ²	6 ²	15,5 (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹) ²
<i>Heliocarpus americanus</i>	163.000 ¹	Alta ¹	Acima de 3 ¹	4 ¹	5 m aos 2 anos ¹
<i>Tabernaemontana hystrix</i>	---	---	---	---	Rápido ¹
<i>Trichilia clausenii</i>	2.600 ¹	Até 70% ¹	---	---	Rápido ¹

*Quantidade de sementes por kg de fruto; ARZ= armazenamento em meses; TDV = Tempo de viveiro em meses; ¹Lorenzi (2002); ²Carvalho (2008); ³Amorim (1996).

Os resultados obtidos no presente estudo preocupam, pois, indicam que o comportamento reprodutivo das espécies está sendo influenciado pelas atividades realizadas em seu entorno, como queimadas e agrotóxicos. O remanescente possui uma área territorial aproximada de 216 ha e, a pouca variabilidade de genótipos entre as espécies identificadas, pode influenciar sobre a diversidade da fauna e reduzir o banco de sementes.

O sistema de rotação agrícola, as queimadas, aberturas de clareiras e a aplicação de defensivos químicos no entorno do remanescente (Figura 3), pode estar influenciando o processo de reprodução das espécies arbóreas, pois, em 67% das visitas ao local de estudo, as árvores não estavam produzindo flores, frutos e/ou sementes. A riqueza florística e a densidade das sementes, de acordo com Miranda et al. (2009), podem ser afetadas pelo histórico de uso da terra, a matriz em que o fragmento está inserido, prática de queimadas, intensidade de luz, tamanho dos fragmentos e composição vegetal. Thier et al. (2016) relataram que o estabelecimento de habitats afetados pelos efeitos de borda leva ao empobrecimento e homogeneização das espécies arbóreas, através da dominância e proliferação das espécies pioneiras nas bordas florestais de paisagens tropicais, severamente fragmentadas. De acordo

com Muller-Landau et al. (2002) a ausência ou a chegada de um número reduzido de sementes viáveis em uma determinada área, limita o recrutamento e o crescimento das populações para formação do banco de sementes (Saldarriaga et al., 1991).

A composição da vegetação, está relacionada com as dimensões dos fragmentos, pois os menores tendem a possuir espécies dos estágios iniciais de sucessão, as quais produzem grande quantidade de frutos com sementes pequenas que fazem parte do banco de sementes. Para Sousa et al. (2017), a densidade de plântulas encontrada no banco de sementes foi inversamente proporcional ao tamanho do fragmento, sendo maior nos fragmentos de 1 ha e menor em fragmentos de 100 ha.



Figura 3. Exemplos de culturas produzidas nas áreas que contornam o remanescente florestal Água do Caixão: a e b) cana-de-açúcar; c) milho; d) alfafa. Bandeirantes/PR. Fontes: os autores, 2020.

CONCLUSÃO

O fragmento florestal da Água do Caixão apresenta espécies arbóreas recorrentes no ecossistema Floresta Estacional Semidecidual. Foi encontrado uma pequena diversidade de espécies em relação a área territorial do fragmento e, um intenso processo de formação de clareiras devido a progressão do cultivo agrícola. As árvores presentes neste remanescente demonstraram comportamento reprodutivo incomum e inesperado, pois, muitas árvores não apresentaram produção de flores, frutos e/ou sementes na maioria das visitas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro no projeto intitulado “Potencial de produção de sementes e mudas das espécies florestais nativas, do remanescente florestal da Água do Caixão, Bandeirantes/PR”. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado e, à Fundação Araucária, pela concessão de bolsa de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorim IL (1996). Morfologia de frutos, sementes, germinação, plântulas e mudas de espécies florestais da região de Lavras – MG. Departamento de Silvicultura Universidade Federal de Lavras (Dissertação), Lavras. 124p.
- Avila AL et al. (2013). Mecanismos de regeneração natural em remanescentes de floresta ombrófila mista, RS, Brasil. *Cernea*, 19: 621-628.
- Bradshaw CJA et al. (2009). Tropical turmoil: A biodiversity tragedy in progress. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(2): 79–87.
- Carvalho MS (1991). A pequena produção de café no Paraná. Departamento de Geografia Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Universidade de São Paulo (Tese), São Paulo. 192p.
- Carvalho PER (2008). Espécies arbóreas brasileiras. v. 3. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. 604p.
- Dean W (2004). A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Cia. das Letras. 484p. [1ª impressão 1996].
- Durigan G et al. (2002). Sementes e mudas de árvores tropicais. 2 ed. São Paulo: Páginas & Letras. 22p.
- Guariguata MR et al. (2001). Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, 148: 185-206.
- Lima CB et al. (2018). Emergência de plântulas e estabelecimento de mudas de *Cordia ecalyculata* Vell. a partir de sementes obtidas no remanescente florestal na microbacia da Água do Caixa, Bandeirantes/PR. In: Congresso Latino-Americano de Agroecologia, 6., Brasília, 2017. *Cadernos de Agroecologia*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Agroecologia, 13(1).
- Lorenzi H (2002). Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4 ed. v. 1. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 368p.
- Meira-Neto JA et al. (2002). Composição florística de uma floresta estacional semidecidual montana no município de Viçosa-MG. *Revista Árvore*, 26(4): 437-446.
- Miranda IS et al. (2009). Mutual influence of forests and pastures on the seedbanks in the Eastern Amazon. *Weed Research*, 49: 499-505.

- Muller-Landau HC et al. (2002). Assessing recruitment limitation: concepts, methods and case-studies from a Tropical Forest. In: Levey DJ et al. (eds.). Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation. Wallingford: CAB International. 35-53p.
- Reis TES (2003). Determinação da compatibilidade de uso do solo e proposta de restabelecimento de áreas de reservas florestais em Bandeirantes – PR, através de análise de imagens e geoestatística. Departamento de Agronomia Universidade Estadual de Londrina (Tese), Londrina. 145p.
- Roderjan CV et al. (2002). As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. *Ciência e Ambiente*, 24(1): 75-42.
- Rodrigues E (2002). Biologia da Conservação: ciência da crise. *Semina*, 23(2): 261-272.
- Rondon Neto RM et al. (2000). Estrutura e composição florística da comunidade arbustivo-arbórea de uma clareira de origem antrópica, em uma Floresta Estacional Semidecídua Montana Lavras – MG, Brasil. *Cerne*, 6(2): 79-94.
- Saldarriaga JG et al. (1991). Recovery of forest vegetation following slash-and-burn agriculture in the upper rio Negro. In: Gomez-Pompa A et al. (eds.). Tropical rain forest: regeneration and management. New York: Blackwell Scientific Publ. 303-312p.
- Santos K et al. (2003). Flora arbustivo-arbórea do fragmento de floresta estacional semidecidual do Ribeirão Cachoeira, município de Campinas, SP. *Acta Botanica Brasilica*, 17(3): 325-341.
- SOS MATA ATÂNTICA E INPE LANÇAM NOVOS DADOS DO ATLAS DO BIOMA (2019). INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5115. Acesso em: 06/12/2020.
- Sousa TR et al. (2017). The effect of forest fragmentation on the soil seed bank of Central Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 393: 105-112.
- Tabarelli M et al. (2005). Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade*, 1: 132-138.
- Thier O et al. (2016). Floristic composition and edge-induced homogenization in tree communities in the fragmented Atlantic rainforest of Rio de Janeiro, Brazil. *Tropical Conservation Science*, 9(2): 852-876.
- Zangaro W (1997). Micorrizas arbusculares em espécies arbóreas nativas da bacia do Rio Tibagi (PR) e suas relações com os grupos sucessionais. Departamento de Ciências Biológicas Universidade de São Paulo (Tese), São Paulo. 171p.
- Zipparro VB et al. (2005). Levantamento florístico de floresta atlântica no sul do estado de São Paulo, Parque Estadual Intervales, Base Saibadela. *Biota Neotropica*, 5(1): 127-144.

Capítulo V

Maximizando o retorno do investimento em projetos florestais no Norte de Minas Gerais: análise econômica a partir da rotação florestal

Recebido em: 27/11/2020

Aceito em: 30/11/2020

 10.46420/9786588319482cap5

Stanley Schettino^{1*} 

Lucas Alair Dias¹ 

Edy Eime Pereira Baraúna¹ 

Denise Ransolin Soranso² 

INTRODUÇÃO

A determinação da idade de corte de um projeto de reflorestamento, também chamada de rotação florestal, é uma das fases mais importantes no conjunto das técnicas de manejo e planejamento florestal. No caso específico do negócio florestal, em que o objetivo principal é a maximização do lucro, esta fase reveste-se da maior importância, em razão do alto custo do empreendimento (Resende et al., 2004), do longo período de maturação do negócio, das variações mercadológicas (preço de venda da madeira) e das incertezas inerentes ao desenvolvimento florestal.

O plantio florestal apresenta um ciclo de produção relativamente longo comparado com outros ciclos produtivos como exemplo as culturas agrícolas, por isso a tomada de decisão é mais complexa neste caso. Assim como todo investimento, os planejadores precisam decidir quanto produzir (área), como produzir (espaçamento, manejo, etc) e para quem produzir, ou seja, para energia, celulose ou serraria. O estudo de viabilidade econômica da colheita da madeira é fundamental para garantir o momento ótimo de maximização do negócio florestal.

Os projetos de reflorestamento, independentemente da espécie plantada, caracterizam-se pelo elevado risco, técnico e econômico a que estão sujeitos. Na maioria das vezes, esses riscos estão associados ao horizonte de planejamento devido à sua natureza de longo prazo, pois com tempo vários eventos podem ocorrer como, por exemplo, incêndios, ataques de pragas, ocorrências de doenças, sinistros e ameaças de mercado, prejudicando a viabilidade do projeto e a atratividade do mesmo (Valverde et al., 2004). Ainda, de acordo com os autores, soma-se a isso o fato de os projetos florestais se caracterizarem por longo prazo, baixa rentabilidade, pouca atratividade, baixo coeficiente preço sobre peso específico e exigência de elevado investimento inicial.

¹ Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Montes Claros - MG

² Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Itajubá - MG.

* Autor(a) correspondente: schettino@ufmg.br

Outro aspecto que diferencia o setor florestal é a possibilidade de que o usufruto ou o corte da madeira seja feito a depender da oportunidade da época, da rentabilidade da floresta, etc, de forma que a idade ótima de rotação não é necessariamente pré-determinado como na agricultura, que acontece no fim do período da cultura, inexoravelmente. Os plantios florestais permitem essa flexibilidade de antecipar ou postergar cortes; a depender da produtividade da floresta, das estruturas de custo do povoamento e dos valores de venda da madeira. Esses aspectos trazem muito mais complexidade às atividades florestais e nas decisões que são baseadas em lucratividade (Graça et al., 2000).

De acordo com Casarotto Filho et al. (2010), as alternativas para a solução de problemas sob condições de incerteza são: análise de sensibilidade e simulação. É preciso transformar as incertezas em riscos através do processo de simulação, ou seja, apontar as possibilidades futuras a partir de mudanças nas variáveis que mais influenciam a tomada de decisão. A transformação das incertezas em riscos é condição para a criação de cenários que subsidiam as simulações. Portanto, é necessário a compreensão dos diversos fatores envolvidos no processo de colheita da madeira, e analisar quando será possível a maximização dos resultados econômicos dessa colheita, considerando a taxa de juros e preço real da madeira.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o melhor momento para a colheita da madeira, considerando os fatores de mercado (preço de venda da madeira e taxa de juros) e os do povoamento (Incremento Médio Anual - IMA e idade de colheita), de forma a maximizar o retorno do investimento no negócio florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

Os dados foram coletados em áreas de uma empresa florestal localizada nas regiões dos vales dos Rios Jequitinhonha e São Francisco, Estado de Minas Gerais, situadas entre os meridianos de 42°48'00" a 43°43'00" de longitude a Oeste de Greenwich e os paralelos de 16°49'00" a 17°42'00" de latitude a Sul da linha do Equador. A altitude varia entre 600 e 1.100 m.

A região abrange áreas com precipitação medial anual que vão de 750 mm até 1.400 mm. Segundo a classificação climática de Köppen, os tipos climáticos predominantes na região são o Aw - tropical chuvoso de savana, ou seja, inverno seco e chuvas máximas no verão, e a estação chuvosa ocorre entre os meses de outubro e março (Nascimento et al., 2011) e Cwb - temperado chuvoso e moderadamente quente, com preponderância de chuvas em verões brandamente quentes (Meira Junior et al., 2017).

Na área de estudo, as florestas são, em sua totalidade, cultivadas com eucaliptos em povoamentos de clones híbridos (*Eucalyptus urophiella* x *E. grandis*) com produtividade média de 245 m³/ha, em regime de alto fuste com rotação de 7 anos de idade, espaçamento 3 x 3 m, sempre em relevo plano a suave

ondulado. A colheita, por sua vez, era realizada através do sistema de árvores inteiras (*full-tree*), sistema em que, de acordo com Malinovski et al. (2014), a árvore é derrubada e levada para a margem da estrada ou pátio intermediário, onde é processada em forma de pequenas toras, com menos de 6 m de comprimento.

Custos e receitas envolvidos na produção florestal

Na Tabela 1 são apresentados os custos totais, distribuídos de acordo com as operações necessárias à implantação e manutenção de um hectare de floresta de eucalipto, dadas as condições da área estudada, desde o plantio até o carregamento da madeira no pátio.

Os custos (de implantação e manutenção no ano 1 até a época de colheita) foram convertidos em custos por hectare (R\$/ha) e agrupados para analisar as diferentes variáveis, admitindo que a taxa de juros do mercado é fixa (8%). Foram utilizadas estimativas de produtividades dos povoamentos: IMA (desde 30 até 50 m³/ha.ano), idade (5 a 12 anos) e valor de venda da madeira (variando desde R\$ 80,00 até R\$ 120,00/m³), de modo a permitir que as simulações necessárias aos objetivos deste estudo estivessem condizentes com a realidade da região avaliada.

Tabela 1. Custos de formação e colheita de florestas de eucalipto na área de estudo.

Itens	Valores
Custo de implantação	R\$ 3.591,00/ha
Custo de manutenção - ano 1	R\$ 1.755,00/ha
Custo de manutenção - ano 2 até a colheita (anual)	R\$ 297,00/ha
Gastos administrativos - ano 1 até a colheita (anual)	R\$ 135,00/ha
Taxa de juros anual	8% a.a.
Custo de colheita ^{1/}	R\$ 22,50/m ³
Custo de carregamento da madeira	R\$ 2,00/m ³

^{1/} Valores médios praticados na região do estudo. Obs.: Para este estudo, não foi considerado o valor terra.

Análise econômica

Para atender às finalidades deste estudo, considerou na a análise econômica os custos totais do projeto (implantação, manutenção das florestas e colheita), bem como as receitas oriundas da venda da madeira ao longo de um horizonte de planejamento variável (de 5 a 12 anos). Considerando os diferentes horizontes de planejamento, após a obtenção do fluxo de caixa contendo as entradas e saídas monetárias ao longo de cada horizonte possível, realizou-se a análise econômica com base nos critérios Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) (Rezende et al., 2013).

O Valor Presente Líquido representa a diferença entre o valor presente das receitas e o valor presente dos custos, a uma determinada taxa de desconto (Equação 1). Por sua vez, a TIR é a taxa de juros que iguala o valor presente das receitas ao valor presente dos custos, ou seja, é alcançada quando o VPL do fluxo de caixa se iguala a zero (Equação 2). Também pode ser entendida como a taxa percentual de retorno do capital investido.

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

VPL = valor presente líquido (R\$/ha); R = receita no período de tempo j (R\$/ha); C = custo no período de tempo j (R\$/ha); i = taxa de juros (% ao ano); j = período de ocorrência da receita ou custo (anos); e n = duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo.

$$\sum_{j=0}^n R_j(1+TIR)^{-j} = \sum_{j=0}^n C_j(1+TIR)^{-j} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

TIR = taxa interna de retorno (% ao ano); R = receita no período de tempo j (R\$/ha); C = custo no período de tempo j (R\$/ha); j = período de ocorrência da receita ou custo (anos); e n = duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo.

Análises estatísticas

A técnica de regressão não linear utilizada foi desenvolvida por Seber et al. (2003) e seu ajuste foi realizado para VPL e TIR visando estabelecer uma relação entre essas variáveis (dependentes) e o IMA ($m^3/ha.ano$), a idade de corte (anos) e o preço de venda da madeira (variáveis independentes), tendo sido ajustado os seguintes modelos (Equações 3 e 4):

$$VPL = \beta_0 + \text{preço}^{\beta_1} + \text{ima}^{\beta_2} + \beta_3 * \text{idade} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$TIR = \beta_0 + \text{preço}^{\beta_1} + \text{ima}^{\beta_2} + \beta_3 * \text{idade} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido; TIR = Taxa Interna de Retorno; preço, ima e idade = variáveis independentes; e $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ = parâmetros dos modelos.

As equações ajustadas foram avaliadas através do coeficiente de determinação (R^2), do coeficiente de variação ($CV\%$) e pelo coeficiente de correlação entre os valores observados e estimados ao quadrado (R_{yy}^2), tendo sido utilizado o software STATISTICA for Windows (STATSOFT Inc., 1995).

Foi avaliado o preço de venda da madeira simulando diferentes faixas de IMA e idade de corte no estudo. Para isso, foi obtido o grau de associação efetuando-se a análise da matriz de coeficientes da correlação de Pearson (r) e pelo teste “t” a 5% e 1% de probabilidade, sendo testados e correlacionados o VPL e a TIR com variável preço de venda da madeira, com o incremento médio anual das florestas e com a idade de corte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ajustes das equações e da análise econômica, para cada combinação de preço, idade e incremento médio anual (IMA), após a obtenção do fluxo de caixa contendo as entradas e saídas monetárias ao longo do horizonte de planejamento, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Equações ajustadas para a determinação do valor presente líquido (VPL, em R\$/ha) e da TIR (Taxa Interna de Retorno, em %), considerando o preço de venda da madeira (P, em R\$/m³), o incremento médio anual (IMA, em m³/ha/ano) e a idade de corte da madeira (Ic, em anos).

Equações	R^2	R_{yy}^2	$r^{1/}$	$r^{2/}$	$r^{3/}$
$VPL = -9737,58 + P^{1,941263} + IMA^{2,298608}$	0,97	67,3	0,36*	0,64*	-0,23**
$TIR = -40,4995 + P^{0,760778} + IMA^{0,843867}$	0,95	95,3	0,73*	0,63*	-0,27**

Onde: R^2 = Coeficiente de determinação. R_{yy}^2 = Coeficiente de correlação entre os valores observados e estimados ao quadrado. * significativo a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste “t” com n-2 graus de liberdade. ** significativo a 5% de probabilidade, pelo teste “t” com n-2 graus de liberdade. ^{1/} Correlação de Pearson entre as variáveis VPL e TIR e o preço de venda da madeira. ^{2/} Correlação de Pearson entre as variáveis VPL e TIR e o incremento médio anual das florestas. ^{3/} Correlação de Pearson entre as variáveis VPL e TIR e a idade de corte das florestas.

As equações ajustadas para os conjuntos de dados apresentaram boa qualidade de ajuste, haja vista as estimativas dos coeficientes de determinação (R^2).

A observação desses resultados permite constatar que o sinal positivo do coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as variáveis VPL e TIR com as variáveis preço de venda da madeira e incremento médio anual das florestas ($P < 0,05$ e $P < 0,01$), evidencia o aumento do VPL e TIR com o aumento da do preço de venda e do IMA das florestas, podendo essa correlação ser considerada forte dados os valores se apresentarem próximos da unidade. Por outro lado, os valores de significância apresentados para a correlação das mesmas variáveis com a idade de corte das florestas ($P < 0,05$) deixam evidente que, embora estas variáveis possuam correlação negativa moderada, indicam ainda possuir interferência significativa sobre o resultado econômico dos projetos florestais.

Entretanto, a simples observação de tais resultados não deve ser conclusiva para a análise decisória. Fontan et al. (2011) alertam que se deve levar em consideração que o incremento no volume das florestas não ocorre linearmente, nem ao longo de toda vida das árvores, por isso é necessária uma análise crítica dos dados para não se ter uma interpretação errada e concluir que quanto mais velho for o povoamento, maior será o lucro, considerando a apenas a produtividade da floresta.

Mesmo possuindo uma taxa de juros fixa, a variação nos coeficientes de custos e receitas e, conseqüentemente, alterações nos critérios de viabilidade econômica, os indicadores avaliados podem sofrer alterações em função das diversidades climáticas, edáficas, do tipo do material genético empregado, do índice de sítio e boa adaptação da espécie ao local de plantio, bem como dos níveis tecnológicos utilizados no processo produtivo. Estes fatores, isolada ou conjuntamente, podem favorecer positivamente ou negativamente nos valores de VPL e de TIR (Virgens et al., 2016).

Uma empresa florestal pode utilizar as melhores técnicas de produção e plantio de mudas, usar a espécie mais adequada, atingir uma estrutura ótima de povoamento, adotar as técnicas de proteção e ainda ficar muito aquém dos resultados econômicos potencialmente atingíveis, caso o corte final e, ou, intermediário não for realizado no momento adequado (Marques et al., 2014). Essa incerteza dos preços, associada a outros fatores, está presente em muitos estudos, como parte da busca de maximização do VPL e da TIR (Yousefpour et al., 2012; Rijal et al., 2017) e, por essa razão, os resultados das estimativas de Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno avaliada para cada combinação de preço da madeira, idade de corte e IMA encontram-se nas Tabelas 3 a 7.

Dentre os cenários descritos nesse estudo, os parâmetros técnicos e econômicos evidenciam que, com a baixa remuneração da madeira, o negócio florestal é viável quando as florestas alcançarem altas produtividades, ou seja, IMA acima de 45,0 m³/ha.ano e idade de corte entre 6 e 10 anos. Quando a variável preço é alta, a viabilidade do negócio será em qualquer faixa de produtividade e idade de corte, sendo que a melhor remuneração do negócio florestal é determinada quando o preço de venda da madeira estiver acima do preço de mercado.

Tabela 3. Indicadores econômicos para cada combinação de IMA e idade de corte avaliados, considerando o valor da madeira igual a R\$ 80,00/m³, sendo VPL = Valor Presente Líquido, em R\$/ha e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %.

IMA (m ³ /ha/ano)	Idade de Corte (anos)															
	5		6		7		8		9		10		11		12	
	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR
30,0	-3.099	-5,24	-2.908	-1,61	-2.962	0,01	-3.192	0,69	-3.543	0,92	-3.975	0,91	-4.458	0,79	-4.969	0,61
32,5	-2.666	-3,00	-2.417	0,30	-2.436	1,67	-2.650	2,17	-2.997	2,24	-3.434	2,12	-3.928	1,90	-4.456	1,64
35,0	-2.233	-0,92	-1.926	2,07	-1.911	3,21	-2.108	3,53	-2.451	3,46	-2.893	3,23	-3.399	2,92	-3.942	2,58
37,5	-1.800	1,03	-1.435	3,72	-1.386	4,64	-1.565	4,79	-1.905	4,59	-2.352	4,25	-2.870	3,86	-3.429	3,45
40,0	-1.367	2,85	-944	5,27	-861	5,98	-1.023	5,97	-1.359	5,65	-1.811	5,21	-2.340	4,73	-2.916	4,26
42,5	-934	4,58	-453	6,73	-335	7,24	-481	7,07	-812	6,64	-1.270	6,10	-1.811	5,55	-2.402	5,01
45,0	-502	6,21	37	8,10	190	8,42	61	8,11	-266	7,57	-729	6,94	-1.281	6,32	-1.889	5,72
47,5	-69	7,76	528	9,41	715	9,54	603	9,10	280	8,44	-188	7,73	-752	7,04	-1.376	6,38
50,0	364	9,24	1.019	10,65	1.241	10,61	1.145	10,03	826	9,28	353	8,48	-222	7,72	-863	7,01

Obs.: Os valores em negrito e sublinhados correspondem a melhor alternativa econômica em cada combinação de idade e IMA avaliada. Quando TIR < 0 → Inviável nas condições avaliadas. Quando VPL < 0 → TIR < que Taxa Mínima de Atratividade → Inviável nas condições avaliadas.

Tabela 4. Indicadores econômicos para cada combinação de IMA e idade de corte avaliados, considerando o valor da madeira igual a R\$ 90,00/m³, sendo VPL = Valor Presente Líquido, em R\$/ha e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %.

IMA (m ³ /ha/ano)	Idade de Corte (anos)															
	5		6		7		8		9		10		11		12	
	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR
30,0	-2.163	-0,59	-1.846	2,35	-1.826	3,45	-2.020	3,74	-2.362	3,65	-2.806	3,40	-3.313	3,07	-3.859	2,72
32,5	-1.652	1,67	-1.267	4,26	-1.206	5,11	-1.380	5,20	-1.718	4,96	-2.167	4,59	-2.688	4,16	-3.253	3,73
35,0	-1.141	3,77	-688	6,04	-586	6,64	-740	6,55	-1.073	6,17	-1.528	5,68	-2.064	5,16	-2.648	4,66
37,5	-630	5,73	-109	7,70	34	8,08	-100	7,81	-429	7,30	-890	6,70	-1.439	6,09	-2.042	5,51
40,0	-119	7,58	471	9,26	654	9,42	540	8,99	216	8,34	-251	7,64	-814	6,96	-1.436	6,31
42,5	392	9,33	1.050	10,73	1.274	10,68	1.179	10,09	861	9,33	387	8,53	-189	7,77	-830	7,05
45,0	903	10,99	1.629	12,11	1.894	11,87	1.819	11,13	1.505	10,25	1.026	9,37	436	8,53	-224	7,75
47,5	1.413	12,56	2.209	13,43	2.513	12,99	2.459	12,12	2.150	11,13	1.664	10,15	1.061	9,24	381	8,41
50,0	1.924	14,07	2.788	14,69	3.133	14,07	3.099	13,05	2.794	11,96	2.303	10,90	1.685	9,92	987	9,03

Obs.: Os valores em negrito e sublinhados correspondem a melhor alternativa econômica em cada combinação de idade e IMA avaliada. Quando TIR < 0 → Inviável nas condições avaliadas. Quando VPL < 0 → TIR < que Taxa Mínima de Atratividade → Inviável nas condições avaliadas.

Tabela 5. Indicadores econômicos para cada combinação de IMA e idade de corte avaliados, considerando o valor da madeira igual a R\$ 100,00/m³, sendo VPL = Valor Presente Líquido, em R\$/ha e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %.

IMA (m ³ /ha/ano)	Idade de Corte (anos)															
	5		6		7		8		9		10		11		12	
	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR
30,0	-1.227	3,4	-785	5,8	-690	6,4	-847	6,3	-1.181	6,0	-1.636	5,5	-2.168	5,0	-2.749	4,5
32,5	-638	5,7	-117	7,7	24	8,1	-110	7,8	-438	7,3	-900	6,7	-1.448	6,1	-2.051	5,5
35,0	-49	7,8	550	9,5	739	9,6	628	9,1	305	8,5	-164	7,8	-728	7,1	-1.353	6,4
37,5	540	9,8	1.218	11,1	1.453	11,0	1.365	10,4	1.048	9,6	572	8,8	-8	7,9	-654	7,3
40,0	1.129	11,7	1.886	12,7	2.168	12,4	2.103	11,6	1.791	10,6	1.308	9,7	712	8,8	44	8,0
42,5	1.718	13,5	2.554	14,2	2.883	13,6	2.840	12,7	2.534	11,6	2.044	10,6	1.433	9,7	742	8,8
45,0	2.307	15,1	3.221	15,6	3.597	14,8	3.578	13,7	3.277	12,6	2.780	11,4	2.153	10,4	1.440	9,5
47,5	2.896	16,7	3.889	16,9	4.312	16,0	4.315	14,7	4.020	13,4	3.517	12,2	2.873	11,1	2.139	10,1
50,0	3.484	18,3	4.557	18,2	5.026	17,0	5.052	15,6	4.763	14,3	4.253	13,0	3.593	11,8	2.837	10,8

Obs.: Os valores em negrito e sublinhados correspondem a melhor alternativa econômica em cada combinação de idade e IMA avaliada. Quando TIR < 0 → Inviável nas condições avaliadas. Quando VPL < 0 → TIR < que Taxa Mínima de Atratividade → Inviável nas condições avaliadas.

Tabela 6. Indicadores econômicos para cada combinação de IMA e idade de corte avaliados, considerando o valor da madeira igual a R\$ 110,00/m³, sendo VPL = Valor Presente Líquido, em R\$/ha e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %.

IMA (m ³ /ha/ano)	Idade de Corte (anos)															
	5		6		7		8		9		10		11		12	
	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR
30,0	-291	6,97	276	8,75	446	8,97	325	8,60	-1	7,99	-466	7,33	-1.024	6,67	-1.639	6,05
32,5	376	9,28	1.032	10,68	1.255	10,64	1.160	10,06	841	9,30	368	8,50	-208	7,74	-849	7,03
35,0	1.043	11,43	1.789	12,48	2.064	12,18	1.995	11,41	1.682	10,50	1.201	9,59	607	8,73	-58	7,94
37,5	1.710	13,44	2.545	14,17	2.873	13,62	2.830	12,67	2.524	11,61	2.035	10,59	1.423	9,64	733	8,78
40,0	2.377	15,34	3.301	15,75	3.682	14,97	3.665	13,84	3.365	12,66	2.868	11,53	2.239	10,49	1.524	9,56
42,5	3.044	17,14	4.057	17,24	4.492	16,25	4.501	14,95	4.207	13,64	3.702	12,41	3.054	11,29	2.315	10,29
45,0	3.711	18,84	4.813	18,66	5.301	17,45	5.336	16,00	5.048	14,56	4.535	13,24	3.870	12,05	3.105	10,98
47,5	4.378	20,47	5.570	20,00	6.110	18,59	6.171	16,99	5.889	15,44	5.369	14,02	4.686	12,76	3.896	11,63
50,0	5.045	22,02	6.326	21,28	6.919	19,68	7.006	17,93	6.731	16,27	6.202	14,77	5.501	13,43	4.687	12,25

Obs.: Os valores em negrito e sublinhados correspondem a melhor alternativa econômica em cada combinação de idade e IMA avaliada. Quando TIR < 0 → Inviável nas condições avaliadas. Quando VPL < 0 → TIR < que Taxa Mínima de Atratividade → Inviável nas condições avaliadas.

Tabela 7. Indicadores econômicos para cada combinação de IMA e idade de corte avaliados, considerando o valor da madeira igual a R\$ 120,00/m³, sendo VPL = Valor Presente Líquido, em R\$/ha e TIR = Taxa Interna de Retorno, em %.

IMA (m ³ /ha/ano)	Idade de Corte (anos)															
	5		6		7		8		9		10		11		12	
	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR	VPL	TIR
30,0	645	10,16	1.338	11,42	1.581	11,27	1.497	10,61	1.180	9,79	704	8,95	121	8,15	-530	7,40
32,5	1.390	12,49	2.182	13,37	2.485	12,94	2.430	12,07	2.120	11,09	1.635	10,12	1.032	9,21	354	8,38
35,0	2.135	14,67	3.027	15,19	3.389	14,49	3.363	13,42	3.060	12,29	2.566	11,20	1.943	10,19	1.237	9,28
37,5	2.880	16,71	3.872	16,88	4.293	15,94	4.295	14,68	4.000	13,40	3.497	12,20	2.854	11,10	2.120	10,12
40,0	3.625	18,63	4.716	18,48	5.197	17,30	5.228	15,87	4.940	14,45	4.428	13,14	3.765	11,95	3.004	10,90
42,5	4.370	20,45	5.561	19,99	6.101	18,58	6.161	16,98	5.880	15,43	5.359	14,02	4.676	12,75	3.887	11,63
45,0	5.115	22,18	6.406	21,41	7.004	19,79	7.094	18,03	6.819	16,36	6.290	14,85	5.587	13,50	4.770	12,31
47,5	5.860	23,82	7.250	22,77	7.908	20,94	8.027	19,02	7.759	17,23	7.221	15,63	6.498	14,21	5.653	12,96
50,0	6.605	25,40	8.095	24,07	8.812	22,04	8.960	19,97	8.699	18,07	8.152	16,37	7.409	14,89	6.537	13,58

Obs.: Os valores em negrito e sublinhados correspondem a melhor alternativa econômica em cada combinação de idade e IMA avaliada. Quando TIR < 0 → Inviável nas condições avaliadas. Quando VPL < 0 → TIR < que Taxa Mínima de Atratividade → Inviável nas condições avaliadas.

A relevância dos tipos específicos de incerteza pode ter uma importância variável, dependente das escalas espaciais e temporais do processo de tomada de decisão. Para um pequeno ou médio produtor florestal, as incertezas de preços no curto prazo podem ser uma preocupação importante para a tomada de decisões no curto prazo, enquanto a incerteza relacionada ao crescimento potencial pode ser de maior importância para decisões no longo prazo (Eyvindson et al., 2018). Além disso, de acordo com Hahn et al. (2014), as preferências de risco de um tomador de decisão flutuam com o tempo e a necessidade de opções de replanejamento pode agregar valor nas tomadas de decisão, significando que os resultados das análises podem ser flutuantes com o passar do tempo.

Quando a variável considerada é a idade de corte, a seguinte análise deve ser levada a efeito: quanto menor for a idade de corte maior deverá ser o preço de venda e incremento médio anual para que a viabilidade do projeto seja alcançada. Porém, com a idade de corte elevada, sua colheita se justificará em qualquer faixa de produtividade da floresta e desde que o preço de venda da madeira seja acima da média de mercado.

De acordo com Gonçalves et al. (2017), a rotação economicamente ótima (REO) tende a ser inversamente proporcional à produtividade dos sítios, ou seja, quanto maior a produtividade do sítio, menor a rotação econômica. Segundo Gomes et al. (2002), isso ocorre porque, nos melhores sítios, a idade de máximo IMA ocorre mais cedo do que nos sítios menos produtivos, o que faz com que a idade ótima de corte dos sítios mais produtivos seja inferior quando comparada à idade ótima dos sítios menos produtivos, ao passo que nestes sítios, a floresta demanda um período de tempo superior para alcançar o máximo IMA.

Ao analisar a variável IMA, a colheita da madeira será vantajosa quando o preço de venda estiver alto, sendo acima do preço de mercado, com a idade de corte variando em torno dos 8 anos. Entretanto, em caso de florestas com elevados ganhos volumétricos, a madeira poderá ser colhida em qualquer cenário, sendo os melhores resultados econômicos com preços de venda mais elevados e com idade de corte entre 7 e 8 anos, embora não seja ruim com idades superiores.

Variações no preço da madeira e na taxa de juros mostram comportamento inversamente proporcional à REO, mantidas as demais variáveis constantes. O aumento da taxa de juros eleva o custo do capital onerando o empreendimento com o passar do tempo, e, portanto, pressionando a redução da REO. Por outro lado, o aumento do preço da madeira torna a atividade mais atraente, fazendo com que a redução da REO permita uma aceleração dos ciclos e a possibilidade de períodos de reinvestimento mais curtos (Rodriguez et al., 1997).

Para definir qual o ciclo de corte ideal, deve-se ter em mente que essa decisão é função da rentabilidade esperada ou aceita para o investimento, da produtividade das rotações subsequentes, do valor da madeira, da taxa de desconto e da estratégia de abastecimento adotada. A estratégia de abastecimento está fundamentalmente ligada ao planejamento a longo prazo e, portanto, devido às

características da cultura florestal (ciclo longo), a antecipação de informações torna-se de fundamental importância para definição da estratégia a ser adotada (Resende et al., 2004).

Ainda, afirmam os autores, a escolha do melhor ciclo não pode ser feita sem se considerar a demanda de madeira, nem as características operacionais de colheita da área em questão. Deste modo, as estimativas devem ser sempre verificadas, para que possa estar operando dentro de limites aceitáveis de rentabilidade norteados por estimativas confiáveis de disponibilidade de madeira e capacidade operacional.

Finalmente, o planejamento do desempenho econômico dos projetos florestais deve prever um grau de flexibilidade, para que os níveis de colheita sejam ajustados para acomodar mudanças nas condições de mercado (Knoke et al., 2006). A flexibilidade de gerenciamento pode ser de especial importância em um futuro mais imprevisível, por exemplo, com as mudanças climáticas ou novas incidências de pragas (Jacobsen et al., 2003; Wagner et al., 2014), além das incertezas de comportamento da economia global.

CONCLUSÕES

Nas condições em que este estudo foi realizado, conclui-se que:

- O preço de venda da madeira foi a variável que mais influenciou o resultado econômico dos projetos florestais.
- A produtividade das florestas também apresentou forte correlação positiva com o resultado econômico do negócio florestal.
- A idade de corte, isoladamente, foi a variável que menos influenciou o resultado econômico dos projetos florestais, possuindo correlação negativa com as variáveis de estudo.
- É possível antecipar ou postergar a colheita de um projeto de reflorestamento sem prejuízo a sua rentabilidade, levando em consideração os fatores preço de venda da madeira e produtividade das florestas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casarotto Filho N et al. (2010). Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, estratégia empresarial. 11 ed. São Paulo: Atlas. 432p.
- Eyvindson K et al. (2018). Guidelines for risk management in forest planning - what is risk and when is risk management useful? *Canadian Journal of Forest Research*, 48: 309-316.
- Fontan ICI et al. (2011). Growth of pruned eucalypt clone in an agroforestry system in southeastern Brazil. *Agroforestry Systems*, 83(2): 121-131.

- Gomes FS et al. (2002). Efeitos do sítio e de cenários de custos e preços na análise de regimes de manejo com e sem desbaste em *Pinus taeda* L. *Cerne*, 8(1): 13-31.
- Gonçalves JC et al. (2017). Análise econômica da rotação florestal de povoamentos de eucalipto utilizando a simulação de Monte Carlo. *Ciência Florestal*, 27(4): 1339-1347.
- Graça LR et al. (2000). Custos florestais de produção: conceituação e aplicação. Colombo: Embrapa Florestas. 32p.
- Hahn WA et al. (2014). Financially optimized management planning under risk aversion results in even-flow sustained timber yield. *Forest Policy and Economics*, 42: 30-41.
- Jacobsen JB et al. (2003). A danish example of optimal thinning strategies in mixed-species forest under changing growth conditions caused by climate change. *Forest Ecology and Management*, 180(1): 375-388.
- Knoke T et al. (2006). Mixed forests and a flexible harvest policy: a problem for conventional risk analysis? *European Journal of Forest Research*, 125(3): 303-315.
- Malinovski JR et al. (2014). Sistemas. Machado CC (ed.). *Colheita Florestal*. 3 ed. Viçosa: Ed. UFV. 178-205p.
- Marques AS et al. (2014). Tactical and operational harvest planning. Borges J et al. (eds). *The Management of Industrial Forest Plantations. Managing Forest Ecosystems*. Berlim: Springer. 239-267p.
- Meira Junior MSD et al. (2017). O. Impacto do fogo em campo sujo no Parque Estadual do Biribiri, Minas Gerais, Brasil. *Floresta e Ambiente*, 24: e00110814.
- Nascimento AC et al. (2011). Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com feller buncher. *Cerne*, 17(1): 9-15.
- Resende RR et al. (2004). Emprego de um modelo de crescimento e produção para determinação da rotação em povoamentos de eucalipto. *Revista Árvore*, 28(2): 219-225.
- Rezende JLP et al. (2013). Análise econômica e social de projetos florestais. 3 ed. Viçosa: Ed. UFV. 385p.
- Rijal B et al. (2017). Improving sustainability of value-added forest supply chain through coordinated production planning policy between forests and mills. *Forest Policy and Economics*, 83: 45-57.
- Rodriguez LCE et al. (1997). Rotações de eucaliptos mais longas: análise volumétrica e econômica. *Scientia Forestalis*, 51: 15-28.
- Seber GAF et al. (2003). *Nonlinear regression*. Auckland: Wiley-Blackwell. 768p.
- STATSOFT Inc. (1995). *STATISTICA for Windows, Release 5.0 - Computer program manual*. Tulsa, OK: StatSoft Inc. 69p.
- Valverde SR et al. (2004). O comportamento do mercado da madeira de eucalipto no Brasil. *Biomassa & Energia*, 14): 393-403.
- Virgens AP et al. (2016). Análise Econômica e de Sensibilidade em um povoamento implantado no sudoeste da Bahia. *Floresta e Ambiente*, 23(2): 211-219.

- Wagner S et al. (2014). Forest management approaches for coping with the uncertainty of climate change: trade-offs in service provisioning and adaptability. *Ecology and Society*, 19(1): 32-48.
- Yousefpour R et al. (2012). A review of decision-making approaches to handle uncertainty and risk in adaptive forest management under climate change. *Annals of Forest Science*, 69: 1-15.

Capítulo VI

Elementos conceituais para a compreensão da importância dos biofertilizantes líquidos para a agroecologia

Recebido em: 05/02/2021

Aceito em: 06/02/2021

 10.46420/9786588319482cap6

Deise Cristiane do Nascimento¹ 

Milena Soares Cardoso^{2*} 

Adailson Feitoza de Jesus Santos³ 

INTRODUÇÃO

O homem precisa produzir alimentos para suprir e garantir a sua sobrevivência e a das gerações futuras, assim, a busca por um sistema produtivo mais sustentável tem sido uma opção alternativa ao modelo dominante de produção de alimentos (Euzébio, 2018) que se dá na forma de insumos agroquímicos que, embora elevem a produtividade, acarretam vários custos ambientais e sociais indesejáveis (Altieri, 1995).

É reconhecido que o uso intensivo de agrotóxicos na agricultura tem promovido diversos problemas de ordem ambiental, como: a contaminação dos alimentos, do solo, da água e dos animais; a intoxicação de agricultores; a resistência de patógenos, de pragas e de plantas invasoras a certos pesticidas; o desequilíbrio biológico, alterando a ciclagem de nutrientes e da matéria orgânica; a eliminação de organismos benéficos; a redução da biodiversidade, entre outras (Bettioli et al., 2003).

A agroecologia apresenta um sistema de produção que sustenta a produtividade agrícola, sendo uma nova agricultura integrada ao meio ambiente, ao mesmo tempo que exclui totalmente o uso de agroquímicos. Os insumos externos, tais como produtos químicos e combustíveis, são substituídos por recursos encontrados na própria propriedade ou seu entorno (Altieri, 2012; Queiroga et al., 2016).

A preocupação da sociedade com a saúde, alimentação, qualidade de vida e conservação do meio ambiente vem crescendo nos últimos anos, cada vez mais os consumidores têm valorizado produtos cujos sistemas de produção respeitam os princípios do desenvolvimento sustentável. Produtos oriundos da agroecologia são uma das alternativas para uma atividade agrícola sustentável, devendo ser

¹ Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Ecologia Humana e Gestão Sócioambiental. Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, BA, Brasil.

² Mestranda do Programa de Pós Graduação em Ecologia Humana e Gestão Sócioambiental. Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, BA, Brasil.

³ Professor Doutor do Programa de Pós Graduação em Ecologia Humana e Gestão Sócioambiental. Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, BA, Brasil.

* Autora correspondente: milecardoso@hotmail.com

economicamente produtiva, com eficiência na utilização de recursos naturais, respeito ao trabalho, além do reduzido uso de insumos externos ao sistema (Silveira et al. 2011).

A elaboração de modelos de produção agrícola de base ecológica tornou-se necessária, pois existe uma exigência crescente de alimentos livres de resíduos tóxicos, assim como é necessário preservar o meio ambiente, os preceitos da sustentabilidade e garantia de bem-estar ao ser humano (Michereff Filho et al., 2013). Assim, surge a questão que norteia esse estudo, qual a relevância dos biofertilizantes líquidos para a agroecologia?

Para tanto, nas últimas décadas, vêm sendo utilizadas como alternativa econômica e ambiental, fontes orgânicas em cultivos agrícolas, na substituição parcial ou total de fertilizantes minerais. Nesse sentido, uma das possibilidades para se reduzir o emprego de substâncias químicas sintéticas aos solos e às plantas é a utilização de biofertilizantes (Cavalcante et al., 2007).

Diante do exposto, esse trabalho se justifica pelos benefícios oriundos da utilização dos biofertilizantes na agricultura, pelo aumento da disponibilidade de nutrientes e da produtividade média das culturas em 10 a 25%, sem afetar de forma adversa o solo e o meio ambiente. Em vista disso cabe ressaltar que o mercado de biofertilizantes foi estimado em US\$ 2,0 bilhões em 2019 e deve atingir US\$ 3,8 bilhões até 2025. O que decorre em razão das mudanças originadas do crescimento da demanda por produtos orgânicos assim como a crescente aceitação dos biofertilizantes entre os agricultores (Marketsandmarkets, 2019).

Portanto, é indispensável o desenvolvimento de tecnologias que atendam as instruções legais dos sistemas de certificação de base ecológica a exemplo da adubação para a produção, que pode ocorrer mediante a substituição dos fertilizantes químicos de origem sintética do sistema convencional, por biofertilizantes líquidos, associados com os adubos sólidos minerais naturais ou orgânicos (Araújo et al., 2008).

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada a partir de um estudo exploratória, bibliográfico e documental, que em geral são fontes de pesquisas bibliográficas e estudos de caso que representam um levantamento bibliográfico sobre o assunto (Prodanov et al., 2013). Sendo assim, para fins de embasamento buscou-se artigos em bancos de dados como: *Scielo*, *Google Acadêmico* e *Scirus*. As consultas aos periódicos tiveram um recorte cronológico com delimitação temporal de 2010 a 2019.

A coleta de dados iniciou-se após a estruturação do aporte documental que foi imprescindível para construção deste trabalho e teve como base documento normativo Decreto 4954/2004 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A revisão de literatura partiu de autores como Silva (2007), Altieri (2012) e Brahma Prakash et al. (2012), entre outros. Desta forma, tem-se a

pretensão que a pesquisa contribua para compreensão e estímulo ao uso dos biofertilizantes líquido para uma agricultura sustentável.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Biofertilizantes na agroecologia: conceitos, origem e produção

De acordo com o decreto 4954/2004 do MAPA, posteriormente alterado pelo decreto 8384/2014, um biofertilizante é definido como:

“produto que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substâncias agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade [...]” (Brasil, 2004).

De acordo com Pix Force (2016), biofertilizantes são definidos como sendo qualquer tipo de matéria orgânica, ou seja, são adubos orgânicos obtidos a partir do processo de fermentação, que não provocam nenhum impacto no ecossistema. São de um modo geral utilizados para cobertura e/ou tratamento nutricional de cultura a ser cultivada, trazendo melhorias das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, além do controle de pragas e doenças.

O termo biofertilizante é proveniente dos termos fertilizante biológico, refere-se ao fertilizante que dispõe, em sua composição, de microrganismos vivos, dentre eles bactérias e fungos, que contribuem para a fertilidade do solo por meio da fixação do nitrogênio atmosférico, da solubilização do fósforo, do potássio, do zinco e de outros macro e micro nutrientes possibilitando maior síntese de fito-hormônios e absorção de nutrientes necessários ao crescimento das plantas (Barman et al., 2017; Iaea, 2018).

O biofertilizante é um adubo orgânico líquido ou sólido, resultante de um processo de decomposição da matéria orgânica (animal ou vegetal), pela fermentação microbiana, com ou sem a presença de oxigênio, ocorrida em meio líquido (Penteado, 2010).

Para Alves et al. (2001) os biofertilizantes são compostos bioativos, resíduo final da fermentação de compostos orgânicos, que contêm células vivas ou latentes de microrganismos (bactérias, leveduras, microalgas e fungos filamentosos) e por seus metabólitos, além de quelatos organo-minerais. Também podem ser definidos como sendo compostos biodinâmicos e biologicamente ativos, produzidos em biodigestores por meio de fermentação aeróbica e/ou anaeróbica da matéria orgânica. Esses compostos são ricos em enzimas, antibióticos, vitaminas, toxinas, fenóis, ésteres e ácidos, inclusive de ação fitohormonal.

Os biofertilizantes são uma alternativa para os pequenos produtores rurais, pois representam redução de custos, são acessíveis às suas condições técnico-econômicas, bem como atendem a preocupação com a qualidade de vida no planeta (Bezerra et al., 2008).

Outra vantagem do uso do biofertilizante é que ele pode ser produzido pelo próprio agricultor, o que gera economia de insumos importados e melhora o saneamento ambiental (Medeiros et al., 2008).

Diferentemente dos fertilizantes químicos os biofertilizantes podem ser produzidos em qualquer local da propriedade utilizando uma grande variedade de matéria prima incluindo resíduos de processamento agrícola (Ogbo, 2010).

A história da adubação com utilização de compostagem ou fertilizantes fluidos na agricultura é bastante antiga sendo uma das formas mais primitivas de reciclagem de resíduos orgânicos empregados na propriedade agrícola, tendo seus primeiros registros a mais de 2000 anos na China (Santos, 1992).

Segundo Dias (2005), até o século XIX, eram utilizados resíduos naturais oriundos de excrementos dos animais e da decomposição orgânica, com a finalidade de realizar a fertilização com produtos líquidos. Já no início dos anos 80 do século XX o adubo orgânico biofertilizante se intensificou graças ao estímulo do uso dos biodigestores (Ramos, 1996).

No Brasil, o uso do biofertilizante foi constatado no início da década de 80 por extensionistas da EMATER-RIO, em lavouras de café e cana-de-açúcar, regado nas covas para realizar a complementação nutricional e auxiliar na irrigação, já que era altamente diluído. No ano de 1985, foram iniciadas as unidades de observação em seringueira, café e maracujá (Santos, 1991). A partir da década de 1990 a pulverização foliar passou a ser utilizada para controle de pragas, doenças, suprimento nutricional e crescimento das plantas, com o objetivo de atenuar o uso de agrotóxicos (Castro et al., 1991).

No que concerne a produção dos biofertilizantes, Souza et al. (2011) mencionam que não há uma fórmula padrão para a produção, os agricultores desenvolveram diversas receitas com custo baixo que podem ser preparadas na própria residência do produtor. De um modo geral são preparados com resíduos animais, vegetais e agroindustriais. Como base, usa-se esterco fresco de gado ou rúmen bovino, soro de leite ou leite, garapa de cana, melaço ou açúcar, aguapés, ervas daninhas do campo e roçada de pastos, restos de frutas e verduras.

Sua composição pode ser complexa e variável, depende do material empregado, os componentes utilizados são ricos em macro e micro elementos, tais como enzimas, antibióticos, vitaminas, toxinas, fenóis, ésteres e ácidos (Medeiros et al., 2006).

Há duas formas de preparo dos biofertilizantes, que são pelas vias aeróbica ou anaeróbica, isto é, na presença de oxigênio (Penteado, 2010). Os aeróbicos devem ser mantidos com uma tampa, não devendo o tanque onde foi produzido o biofertilizante ser vedado, a intenção é evitar a entrada de água, deixando as laterais livres para entrada e ar. Podendo ser produzidos em recipientes abertos sem a incidência direta de raios solares em seu interior. A matéria orgânica utilizada tem sido as fezes e urinas de bovinos, misturados com água, e até mesmo enriquecido com outros nutrientes. Sempre que possível o tanque deve ser agitado e complementado com esterco e água não clorada (Penteado, 2010).

Já o sistema anaeróbio o biofertilizante é produzido na ausência do oxigênio, o reservatório é denominado biodigestor, podendo variar de modelo conforme a finalidade e quantidade pretendida. O reservatório deve ser hermeticamente fechado, mantendo-se uma distância de 20 centímetros entre o

líquido e a tampa, pois produz o gás metano. Assim como inserir uma mangueira plástica no recipiente para expansão dos gases que são formados decorrentes da fermentação, a qual irá ficar submergida em um balde com água para que o ar possa escapar (Penteado, 2010).

Os biofertilizantes são utilizados em culturas anuais e perenes, em sistemas convencionais e orgânicos, sendo, principalmente, utilizados em hortas e pomares. Por conter muita fibra e nutrientes, podendo ser utilizada como adubação de fundação por ocasião do plantio ou como adubação periódica aplicada em torno da copa da planta (Silva, 2007).

Podem ser aplicados sobre as folhas, sobre as sementes, sobre o solo via fertirrigação ou em hidroponia, em dosagens diluídas. A absorção pelas plantas se efetua com muita rapidez, de modo que é muito útil para as culturas de ciclo curto ou no tratamento rápido de deficiências nutricionais das plantas (Silva et al., 2007).

Além disso, há estudos que demonstraram que o uso desse adubo orgânico líquido reduz parcialmente os efeitos da salinidade sobre o crescimento das plantas (Bezerra et al., 2010; Cavalcante et al., 2010; Ould Ahmed et al., 2010).

E quando aplicados ao solo induzem o ajustamento osmótico das plantas devido a acumulação de solutos orgânicos, como mencionou Nobre et al. (2010). Portanto, se percebe que os biofertilizantes podem ser utilizados em qualquer espécie agrícola.

Quando se verifica as características dos biofertilizantes são identificados a presença de microorganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica, produção de gás e liberação de metabólitos como hormônios e antibióticos (Bettiol et al., 1998), os quais produzem maiores proteções e induzem resistência das plantas ao ataque de agentes externos.

Segundo Alves et al. (2001), a decomposição da matéria orgânica para a formação do composto envolve a participação de uma grande variedade de gêneros de fungos. Estes fungos produzem enzimas extracelulares que degradam a celulose presente no resíduo orgânico, convertendo-a em metabólitos assimiláveis e tornando-os disponíveis às plantas. Dentre os benefícios da aplicação de biofertilizantes, está o reequilíbrio dos fatores ambientais do ecossistema (aumento da resiliência).

Os biofertilizantes apresentam potencial para o controle de doenças de plantas e podem agir através de: antibiose (pela presença de antibióticos em sua composição); competição (presença da comunidade microbiana); indução de resistência (tanto microbiana como pelos compostos químicos presentes) e ação direta ou indireta do fornecimento de nutrientes às plantas (Bettiol et al., 1997).

Alguns biofertilizantes possuem a capacidade repelente ou inibidora de insetos, bactérias, fungos e outros organismos, por conterem inimigos naturais destes organismos. Outros biofertilizantes confundem os insetos por meio de alteração do cheiro da planta, provocada por produtos que compõem suas fórmulas. Ex: Alterando o cheiro do néctar das flores do maracujazeiro, a sua predadora *Heliconius erato phylis* (borboleta Castanha Vermelha) não depositará seus ovos nas mesmas (Rosa, 1998).

Segundo Oliver et al. (2008), o biofertilizante como qualquer outro composto possui característica específica como pH em torno de 7,5. Sendo assim, funciona como corretivo de acidez, liberando o fósforo e outros nutrientes para solução do solo. Além disso, o aumento do pH dificulta a multiplicação de fungos patogênicos às culturas, proporcionando grandes melhorias para o solo já que: os nutrientes do biofertilizante são fáceis de ser disponibilizado na solução do solo e utilizando na nutrição das plantas; a qualidade e estrutura do solo são melhoradas, e assim as plantas têm mais facilidades de se desenvolver; o solo fica mais resistente a erosão, graças ao melhoramento da agregação das partículas; o biofertilizante aumenta a penetração de ar pelos poros do solo facilitando assim a respiração das raízes; solos degradados melhoram, já que o mesmo favorece a proliferação de bactérias; consequentemente a lavoura tem sua produtividade melhorada.

Desta maneira, os biofertilizantes proporcionam melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e, quando aplicados sobre as folhas, podem contribuir para o suprimento equilibrado de macro e micronutrientes (Medeiros et al., 2007; Alves et al., 2009; Rodrigues et al., 2009; Patil, 2010) permitindo que o vegetal desenvolva todo o seu potencial genético e produtivo. Seu emprego na forma líquida proporciona maior absorção dos nutrientes necessários para as plantas (Souza et al., 2003), isto pode contribuir para elevar a produtividade das culturas.

Biofertilizantes uma alternativa para agricultura sustentável

Tendo em vista que o objetivo desse trabalho é discutir a importância dos biofertilizantes para a agroecologia, é pertinente discutir a segunda categoria de análise, os biofertilizantes como alternativa sustentável para a agricultura, assim como os impactos das substâncias químicas ao meio ambiente.

Atualmente, um dos desafios da agricultura é produzir alimentos para atender as necessidades dos indivíduos sem comprometer os recursos do solo e do meio ambiente. Em busca do desenvolvimento agrícola sustentável, os agricultores devem buscar a produção mais limpa. Visto que o uso de insumos sintéticos impulsiona o custo de produção, devido ao seu preço de mercado.

Sob o mesmo ponto de vista, a Organização das Nações Unidas (2019) destaca outro fator relevante, que traz impactos ao meio ambiente, 20% da emissão mundial do gás metano, causador do efeito estufa é oriundo dos dejetos da agropecuária. Sendo um número alto quando comparado ao setor secundário da economia, que representam 32%. Assim, o número de pesquisas para o desenvolvimento de novas tecnologias tem sido realizadas visando a redução das emissões destes gases e/ou para a mitigação dos efeitos negativos causados por esta liberação.

Desta forma, uma das alternativas apresentadas é a transformação dos dejetos dos animais em biofertilizantes, através dos biodigestores, com isto se tem uma fonte de nutrientes para diversas culturas, tal como pastagens mais jovens não degradadas, e, também, contribui para mitigar o efeito poluidor.

Para a produção do biofertilizante o esterco de gado é uma das matérias prima mais utilizadas devido a sua facilidade na fermentação por já possuir inúmeras bactérias decompositoras. Também, são utilizadas plantas frescas, alguns minerais presentes em cinzas ou em pós de rocha moída, como o calcário rico em carbonato de cálcio (Ibravin, 2012).

Na Índia os biofertilizantes, segundo os autores Brahmaprakash and Kumar (2012), se destacam em razão da sua importância para a sustentabilidade da agricultura [...] *are gaining importance in sustainable agriculture. Various complementing combinations of microbial inoculants for management of major nutrients such as nitrogen and phosphorus are necessary for sustainability.* Ainda os autores mencionam o baixo custo de produção desse produto, que proporciona muitos benefícios para a agricultura, tal como o aumento da produtividade, lucros maiores e redução dos danos no solo. Os biofertilizantes são provenientes da fermentação da matéria orgânica (animal ou vegetal), podendo ser aeróbica ou anaeróbica.

Além dos fatores já mencionados que propiciam a degradação do meio ambiente, se tem concomitantemente o uso de substâncias químicas sintéticas que são utilizadas no modelo de produção agrícola convencional, o qual se vale de insumos externos, proporcionando bons resultados econômicos no curto prazo. Em contrapartida, a agricultura sustentável se distancia do uso destes insumos, procurando alternativas como o uso de biofertilizantes.

Na literatura, os resultados sobre o uso de produtos sintéticos como adubos químicos (hidrossolúveis) e agrotóxicos poluíram o planeta, rios, solos, ar, dentre outros. Embora, não se possa negar o aumento da produtividade média oriundo do modelo agrícola extremamente dependente do petróleo e pouco preocupado com o equilíbrio ecossistêmico e com as questões relacionadas ao meio ambiente.

Portanto, os biofertilizantes contribuem para o desenvolvimento sustentável e de acordo com Sachs (2003) há duas questões centrais a se pensar no que se refere ao agravante do meio ambiente, a primeira é a explosão urbana e, a outra sobre a situação do meio rural. O autor preconizou que nas primeiras décadas do século XXI, a população de baixa renda seria parte significativa da população mundial. Sendo que esta população sofreria as consequências da destruição ambiental, já que vivem na linha da pobreza, sujeitos à poluição e a falta de acesso a serviços públicos básicos. Segundo a Organização das Nações Unidas (2018) 46% da população mundial, vivem com menos de 5,50 dólares por dia, situação considerada de extrema pobreza.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso dos biofertilizantes líquidos na produção agrícola mostra-se como uma alternativa importante no reequilíbrio dos fatores ambientais do ecossistema, pois esses compostos podem ser preparados e utilizados com matéria prima existente em abundância na propriedade a baixo custo, e como consequência reduz a dependência do agricultor de insumos externos a propriedade.

Seu emprego promove o crescimento vegetal por proporcionar maior absorção de nutrientes, estimula a resistência da planta contra ação de pragas e doenças além de atuar diretamente no solo melhorando propriedades físicas, químicas e biológicas.

Desta forma, além de suas propriedades técnicas e fitossanitárias, os biofertilizantes líquidos tem suas bases teóricas atreladas a produção agroecológica que busca conciliar o desenvolvimento socioeconômico com o uso racional dos recursos naturais e diante deste cenário, dispensa de forma veemente o uso de agroquímicos no manejo dos agroecossistemas, por considerá-los ameaça à sustentabilidade ambiental e de saúde.

Assim, a produção e difusão das potencialidades dos biofertilizantes líquidos na agricultura é imprescindível para a construção e implementação de alternativas aos sistemas agrícolas convencionais.

E mesmo diante dos inúmeros benefícios contabilizados para o uso dos biofertilizantes líquidos Corrêa et al. (2011) alerta, que caso o seu uso aconteça sem os critérios técnicos adequados, poderá provocar redução na produtividade e impactos negativos ao ambiente, especialmente pela possibilidade do comprometimento da qualidade do solo, das águas e do ar.

O uso de biofertilizantes traz a responsabilidade de utilizá-los na agricultura de acordo com recomendações técnica para que não sejam encarados como potencial poluidor do ambiente e sim como fertilizantes aptos a aumento da produtividade agrícola (Correa, 2012). Konzen et al. (2005) defendem a aplicação de doses equivalentes às necessidades de cada cultura para minimizar o risco ambiental. Isto é possível por meio de planos de manejo de nutrientes compatíveis com o tipo de solo e planta e de orientações técnicas que levem em consideração a aptidão de uso do solo. Justamente por que o conhecimento acerca do potencial da fertilização líquida ainda é incipiente, o que evidencia a necessidade de novos estudos que abordem as melhores estratégias de manejo, como quantidade e intervalo de aplicações associadas à produção satisfatória (Rodrigues, 2014).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu Jr.H (Coord.) (1998). Práticas alternativas de controle de pragas e doenças na agricultura: coletânea de receitas. Campinas: EMOPI.
- Altieri M (2012). Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, AS-PTA.
- Altieri MA (1995). Agroecology. Encyclopaedia of environmental biology.
- Alves SB et al. (2001). Trofobiose e Microrganismos na Proteção de Plantas: biofertilizantes e entomopatógenos na citricultura orgânica. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, 21: 16-21.
- Alves GS et al. (2009). Estado nutricional do pimentão cultivado em solo tratado com diferentes tipos de biofertilizantes. Acta Scientiarum. Agronomy, 31(4): 661-665.

- Araújo JF et al. (2008). Adubação organomineral e biofertilização líquida na produção de frutos de pinheira (*Annona squamosa* L.) no submédio São Francisco, Brasil. *Bioscience Journal*, 24(4): 48-57.
- Barbosa ADS et al. (2007). Potencial de ação elicitora dos biofertilizantes líquidos na indução de resistência sistêmica vegetal. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2(2).
- Barman M et al. (2017). Biofertilizer as Prospective Input for Sustainable Agriculture in India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11): 1177-1186.
- Bettiol W et al. (2003). Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos. In: Campanhola C et al. (Eds.) *Métodos Alternativos de Controle Fitossanitário*. Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente.
- Bettiol W (2001). Resultados de pesquisa com métodos alternativos para o controle de doenças de plantas. In: Hein M (org.) *Resumos do 1o Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças*. Botucatu, Agroecológica.
- Bettiol W et al. (1997). Controle de doenças de plantas com biofertilizantes. Jaguariúna: Embrapa-Cnpma, Circular Técnica, 02.
- Bettiol W et al. (1998). Controle de doenças de plantas com biofertilizantes. Jaguariúna: Emater/Cnoma.
- Bezerra AKP et al. (2010). Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. *Ciência Rural*, 40(5): 1075-1082.
- Bezerra LL et al. (2008). Avaliação da aplicação de biofertilizante na cultura do milho: crescimento e produção. *Revista Verde*, 3(3): 131-139.
- Brahmaprakash GP et al. (2012). Biofertilizers for sustainability. *Journal of the Indian Institute of Science*, 92: 37-62.
- Brasil (2004). Decreto nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004. Aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980 que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 jan. 2004. Seção 1, p. 2.*
- Burg IC et al. (Org.) *Manual de alternativas ecológicas para prevenção e controle de pragas e doenças: (caldas, biofertilizantes, fitoterapia animal, formicidas e defensivos naturais)*. 7. ed. Francisco Beltrão: Assesoar/Cooperiguaçu, 153p.
- Castro CM et al. (1991). Comprovação in vitro da ação inibidora do biofertilizante “Vairo” produzido a partir da fermentação anaeróbica do esterco bovino, sobre a germinação de conídios de diversos gêneros de fungos fitopatogênicos. In: *Reunião Brasileira Sobre Controle Biológico de Doenças de Plantas*, 4., Campinas. Anais Jaguariúna: Embrapa-Cnpma, p.18.
- Cavalcante LF et al. (2007). Crescimento e produção do maracujazeiro amarelo em solo de baixa fertilidade tratado com biofertilizantes líquidos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 2: 15-19.

- Cavalcante LF et al. (2010). Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(1): 251-261.
- Corrêa JC et al. (2011). Critérios técnicos para recomendação de biofertilizante de origem animal em sistemas de produção agrícolas e florestais. *Comunicado Técnico - Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves*, 486: 1-8.
- Corrêa JC (2012). Uso Correto de Fertilizantes Orgânicos para Produção de Forragens. In: *Congresso Brasileiro de Produção Animal Sustentável. Anais...Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. Chapéco, SC, p.71-73.*
- De Medeiros MB et al. (2006). Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola. *Bahia Agrícola*, 7(3): 24-26.
- Euzébio LAF (2018). Avaliação de biofertilizantes na cultura da couve manteiga/ Lourival Alves Ferreira Euzébio. – Anápolis: Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, 28p.
- Hernandez CR (Comp.) (1996). Memoria del curso de: control alternativo de insetos plaga. Tepotzotlan: Colegio de Postgraduados y Fundacion Mexicana para la Educacion Ambiental AC, 114p.
- Iaea (2018). Biofertilizer Technology in Pakistan. Lab to Field: A success story of Biofertilizer Technology for crop nutrients in Pakistan. Disponível em: Acesso em: 13 jan. 2020
- Ibravin (2012). Programa de fortalecimento da viticultura familiar da Serra Gaúcha. Porto Alegre: Publicação Técnica.
- Konzen EA et al. (2005). Manejo e utilização de dejetos animais: aspectos agrônômicos e ambientais. Documentos/Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas-MG).
- Marketsandmarkets (2019). Biofertilizers Market by Form (Liquid, Carrier-Based), Mode of Application (Soil Treatment, Seed Treatment), Crop Type, Type (Nitrogen-Fixing, Phosphate Solubilizing & Mobilizing, Potash Solubilizing & Mobilizing), Region - Global Forecast to 2025. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/compound-biofertilizers-customized-fertilizers-market-856.html>. Acesso em: 20 de dez. 2019.
- Medeiros DC de (2007). Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. *Horticultura Brasileira*, 25: 433-436.
- Medeiros DC et al. (2007). Produção de mudas de alface com biofertilizantes e substratos. *Horticultura Brasileira*, 25(3): 433-436.
- Medeiros MB et al. (2006). Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola. *Bahia Agrícola*, 7(3): 24-26.
- Medeiros MD et al. (2003). Biofertilizantes líquidos: processo trofobiótico para proteção de plantas em cultivos orgânicos. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*. 31: 38-44.
- Michereff Filho M et al. (2013). Manejo de pragas em hortaliças durante a transição agroecológica. Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E).

- Nobre RG et al. (2010). Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista Ciência Agronômica*, 41(3): 358-365.
- Ogbo FC (2010). Conversion of cassava wastes for biofertilizer production using phosphate solubilizing fungi. *Bioresource Technology*, 101(11): 4120– 4124.
- Oliver APM et al. (2008). Manual de treinamento em biodigestão. Versão 2.0. Fevereiro/2008 Disponível em: Acesso em: 20 dez. 2019.
- Onu - Organizações Unidas Brasil. Banco Mundial: quase metade da população global vive abaixo da linha da pobreza. Disponível em: <https://nacoesunidas.org>. Acesso em: 22 de dez. 2019.
- Onu - Organizações Unidas Brasil. FAO: produção agrícola responde por pelo menos 20% das emissões de gases do efeito estufa. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/fao-producao-agricola-responde-por-pelo-menos-20-das-emissoes-de-gases-do-efeito-estufa/>. Acesso em: 26 de dez. 2019.
- Ould Ahmed BA et al. (2010). Effect of saline water irrigation and manure application on the available water content, soil salinity, and growth of wheat. *Agricultural Water Management*, 97(1): 165-170.
- Patil NM (2010). Biofertilizer effect on growth, protein and carbohydrate content in stevia rebaudiana var bertonii. *Recent Research in Science and Technology*, 2: 42-44.
- Penteado SR (2010). Adubos verdes e produção de biomassa: melhoria e a recuperação dos solos. Campinas: Ed. do autor, 160p.
- Penteado SR (1999). Defensivos alternativos e naturais: para uma agricultura saudável. Campinas, Sílvia Roberto Penteado, 79p.
- Pinheiro S et al. (1996). MB-4: Agricultura sustentável, trofobiose e biofertilizantes. Florianópolis: Fundação Juquira candiru, Mibasa, 273p.
- Pix Force. A importância dos Biofertilizantes na agricultura. Florestal e Agrícola, 2016. Disponível em: <https://pixforce.com.br>. Acesso em: 26 de dez. 2019.
- Prodonav CC et al. (2013). Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2ª ed. Novo Hamburgo, RS: Feevale.
- Queiroga M et al. (2016). Activadores de crecimiento y biofertilizantes como alternativa al uso de fertilizantes químicos en cultivo de chía (*Salvia hispanica* L.). *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 35(1): 33-40.
- Ramos MAP (1996). Biofertilizantes: remédio natural. *Globo Rural*, p. 41-44.
- Rodrigues AC et al. (2009). Produção e nutrição mineral do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante supermagro e potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13: 117-124.
- Rosa A (1998). V."Agricultura e meio ambiente". São Paulo. Atual, 1998. Disponível em: Acesso em 20 de dezembro de 2019.

- Sachs I (2003). Desenvolvimento Incluyente, Sustentável e Sustentado. Sebrae, ed. Garamond.
- Santos ACV dos (1991). Efeitos nutricionais e fitossanitários do biofertilizante líquido a nível de campo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 13(4): 275-279.
- Santos ACV (2001). A ação múltipla do biofertilizante líquido como ferti e fitoprotetor em lavouras comerciais. In: Hein M (org.) Resumos do 1o Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças. Botucatu, Agroecológica, p. 91-96.
- Santos ACV (1992). Biofertilizante líquido, o defensivo da natureza. Niterói: Emater-Rio, 16p. Agropecuária Fluminense.
- Silva MSL et al. (2007). Preparo e uso de biofertilizante líquido. Petrolina: EMBRAPA Semi-Árido. 4p. (Comunicado Técnico, 30)
- Silveira MS et al. (2011). Desenvolvimento de mudas de cafeeiros orgânicos em função da fertirrigação com biofertilizantes líquidos. CBPC-2011 acesso em Dez 2019 http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6267/366_37-CBPC-2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Souza JL de et al. (2011). Manual de Horticultura Orgânica, 2 ed. Viçosa: ed. Aprenda Fácil.
- Souza JL et al. (2003). Manual de horticultura orgânica. Viçosa: Aprenda Fácil.
- Uparivong S (2012). Bioclean and liquid biofertilizers a new way to the green area. *International Journal of Geomate*, 2(1): 144-147.

Capítulo VII

Análise de anéis etários em escamas e vértebras do peixe *Brycon falcatus* (Müller & Troschel, 1844) no Rio Teles Pires, Amazônia Meridional

Recebido em: 06/02/2021

Aceito em: 07/02/2021

 10.46420/9786588319482cap7

Aline Pereira da Silva^{1*} 

Alan Pinho Monteiro¹ 

Anne Sthephane Arrolho Silva Correa² 

Solange Aparecida Arrolho da Silva^{1,2} 

Liliane Stedile de Matos^{1,2} 

INTRODUÇÃO

O gênero *Brycon* está distribuído na América do Sul, nos rios da Guiana, Suriname, Guiana Francesa e Brasil (Lima, 2003). Presentes nas principais bacias hidrográficas brasileiras tais como Amazônica, Paraná, Paraguai e Araguaia-Tocantins (Antunes et al., 2010). Segundo Lima (2003), as espécies da subfamília Bryconinae são peixes caracídeos de médio a grande porte, atingindo um comprimento máximo padrão de 15 cm (*Brycon pesu*) a 70 cm (*Brycon orbignyanus* e *Brycon amazonicus*). Na época das cheias, algumas espécies de *Brycon* de grande porte passam por longas migrações reprodutivas (Howes, 1982; Lima, 2003).

Brycon (Bryconinae, Characidae) é considerado um dos gêneros mais ricos em espécies em sua família, compreendendo cerca de 40 espécies (Howes, 1982; Lima, 2003). É um grupo de peixes de grande importância comercial na pesca extrativa e esportiva, bem como na piscicultura (Begossi et al., 1992; Lima, 2003). As espécies do gênero *Brycon* são reofílicas, vivem em cardumes, e possuem dieta onívora, alimentando-se principalmente de frutas, sementes e insetos (Borges, 1986; Albrecht et al., 2009; Matos et al., 2016).

O *Brycon falcatus*, popularmente conhecido como matrinxã, é umas das espécies de peixe mais apreciadas na bacia do Rio Teles Pires, devido a coloração similar ao salmão de seu músculo e ao seu comportamento “briguento” na pesca (Matos et al., 2015). Sendo também de extrema importância para o comércio extrativista, para a pesca esportiva e para subsistência de comunidades ribeirinhas (Matos et

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Campus Universitário de Alta Floresta, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias – FACBA, Alta Floresta, Mato Grosso, Brasil.

² Laboratório de Ictiologia da Amazônia Meridional-LIAM. Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Campus Universitário de Alta Floresta, 78580-000. Alta Floresta, MT, Brasil.

* Autora correspondente: aline_ps_ap@hotmail.com

al., 2020). Vale ressaltar um importante papel ecológico do gênero *Brycon*, pois estes peixes fazem ictiocoria, realizando a dispersão de sementes de árvores nativas (Reys et al., 2009).

Existem vários estudos sobre idade e crescimento para peixes do gênero *Brycon*: *B. microlepis* no Rio Cuiabá (Mateus et al., 2002); *B. cephalus* no Rio Negro (Villacorta-Correa, 1987); *B. opalinus* em rios do Parque Estadual da Serra do Mar (Gomiero et al., 2007); *B. amazonicus* no Rio Purus, Rio Madeira, Baixo e Médio Rio Solimões (Santos-filho et al., 2009), *Brycon falcatus* no Rio Guaporé (Rubio et al., 2013). Na bacia do Rio Teles Pires foi descrito para *B. falcatus* o tamanho de primeira maturação de 23 cm (comprimento padrão) e 29,2 cm (comprimento total) (Matos et al., 2017) e na bacia do Rio Xingu foi de 28,3 cm (comprimento padrão) (Camargo et al., 2015). Entretanto, para o *B. falcatus* na bacia do Rio Teles Pires são escassos os estudos de idade e crescimento utilizando estruturas calcificadas. Esses estudos sobre idade são importantes pois fornecem base para cálculos de taxas de crescimento, mortalidade e produtividade. A definição da idade e crescimento são parâmetros indispensáveis para o embasamento de projetos de manejos de estoques pesqueiros (Ferreira et al., 1994), e ainda contribuem para estudos de ecologia populacional das espécies de peixes, principalmente as ameaçadas de extinção.

Os parâmetros de crescimento de um peixe podem variar devido as mudanças no seu metabolismo (Nikolsky, 1963). Estes parâmetros podem ser observados nos anéis de crescimento marcados em várias estruturas rígidas como: escamas, otólitos, vértebras, ossos operculares e espinhos das nadadeiras (Vazzoler, 1981). Nestas estruturas formam-se zonas opacas e translúcidas, decorrentes da deposição diferenciada de carbonato de cálcio sobre uma base orgânica durante períodos de crescimento rápido e lento, devido aos ciclos sazonais (Campana, 1984), alimentação e ciclos reprodutivos (Beckman et al., 1995). Estima-se que em regiões temperadas o crescimento de peixes seja regulado devido a temperatura, e nas regiões tropicais o crescimento se limita devido a fatores restritivos (Boujard et al., 1991).

Na bacia Amazônica, provavelmente o surgimento de anéis de crescimento em peixes seja devido ao ciclo anual de seca e cheia, que tem influência direta na disponibilidade de alimento, bem como no acúmulo de minerais nessas estruturas rígidas (Rubio et al., 2013). Existem estudos que demonstram a existência das marcas bem contrastadas em estruturas rígidas de peixes na bacia Amazônica (Villacorta-Correa, 1987; Cutrim et al., 2005; Arantes et al., 2010; Hauser et al., 2018). Inclusive um estudo de idade e crescimento em escamas de *B. cephalus* no Rio Negro (Bacia Amazônica) evidenciou a formação de dois anéis etários por ano, formados nos meses de julho-agosto e fevereiro-março atribuídos ao ritmo endógeno de sua formação (Villacorta-Correa, 1987).

Mesmo com toda a importância ecológica e econômica de peixes do gênero *Brycon*, as atividades antrópicas tem prejudicado algumas espécies desse gênero ou mesmo levado a extinção algumas populações (Braga, 1982; Mendonça et al., 1994; Ceccarelli et al., 1996; Matos et al., 2015, 2018, 2020). Atividades antrópicas estão acarretando no assoreamento de rios, aumento exorbitante da poluição e a

fragmentação de habitats (Faria, 1994). Na bacia do Rio Teles Pires em particular, o histórico de atividades antrópicas na região desde a colonização (meados dos anos 70), vem sendo marcado por desmatamento (atividade madeireira) com queimadas, garimpo de ouro, agropecuária, agricultura e atualmente a implantação de um complexo hidrelétrico de 4 barragens (Ohara, 2017; Matos et al., 2020). A construção de barragens para hidrelétricas, transformam o ambiente aquático de lótico (água corrente) para lêntico (lagos), além de inundar as matas ciliares nas redondezas, que são a principal fonte de alimento para os peixes (Faria, 1994; Tundisi, 2003).

No Rio Teles Pires, pertencente a bacia Amazônica, diante do quadro atual de atividades antrópicas, peixes migradores estão com sua distribuição ameaçada (Matos et al., 2020). A integridade ambiental do Rio Teles Pires e de afluentes está comprometida com a instalação das quatro usinas hidrelétricas em sistema de cascata, o que transformou vários trechos do rio de um ambiente lótico para lêntico (Matos et al., 2020). Estes empreendimentos certamente estão se sobrepondo e interagindo com as atividades econômicas (ex. agricultura, pecuária, garimpo) realizadas na região, fato que poderá aumentar o impacto na ictiofauna (Matos et al., 2020; Matos et al., 2021). Soma-se a esta problemática a ausência de estudos sobre idade e crescimento dos peixes migradores da bacia do Rio Teles Pires para embasar a legislação no tocante a necessidade de manejo em seus recursos pesqueiros. Diante disso, buscando contribuir para estudos de parâmetros de crescimento, o objetivo do presente estudo é comparar a clareza na leitura de anéis etários em escamas e vértebras do peixe *B. falcatus* no Rio Teles Pires, para indicar uma destas estruturas no uso de estudos de idade e crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

As coletas foram realizadas de janeiro/2013 a setembro/2016 na bacia do Rio Teles Pires, no norte do estado de Mato Grosso, um dos principais tributários do Rio Tapajós na Amazônia Brasileira. O ponto amostral foi o Rio Teles Pires, na área de influência da Usina Hidrelétrica de Colíder (<https://www.copel.com/uhecolider/>) entre os municípios de Colíder e Itaúba, onde são práticas comuns o desmatamento, garimpo, agropecuária, despejo de efluentes de curtume, agricultura e atualmente usinas hidrelétricas (Figura 1).

O Rio São Manoel ou mais conhecido como Rio Teles Pires, tem uma extensão de aproximadamente 1.400 km, sendo um dos corpos d'água mais longos do Mato Grosso, que junto ao Rio Juruena forma o Rio Tapajós (Ohara, 2017). O Teles Pires faz divisa com o estado de Mato Grosso e em menor proporção no estado do Pará, nascendo entre as cidades de Nova Brasilândia e Primavera do Leste, nas Serras Azul e do Finca Faca (Ohara, 2017). Em 2011, a qualidade da água na área onde foi implantada a hidrelétrica, apresentou baixa contaminação de poluentes urbanos ou industriais, sugerindo

baixo efeito antrópico de atividades de pastagem e agrícola (EPE, 2011), entretanto atualmente pode estar havendo um sinergismo dos impactos de todas as atividades antrópicas da região implicando na qualidade da água.

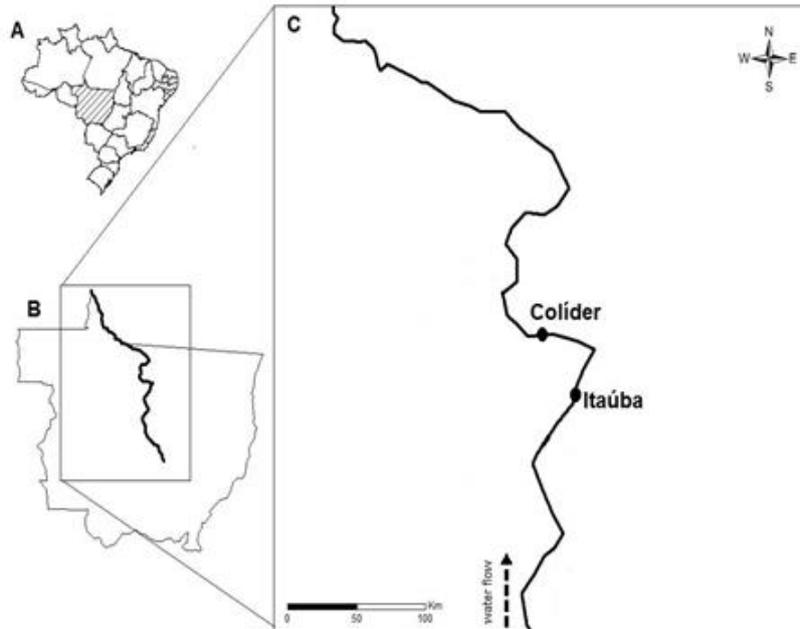


Figura 1. A. Mapa do Brasil. B. Mapa do estado de Mato Grosso destacando a bacia do Rio Teles Pires. Com Área de estudo indicando a região dos locais de coleta (círculos pretos), municípios de Itaúba e Colíder (coordenada do ponto médio da área amostrada: $10^{\circ}58'28.8''S$ $55^{\circ}44'29.6''W$). Fonte: os autores.

Coleta e Biometria

Para as capturas dos peixes foram utilizadas redes de arrasto, redes de espera, tarrafas e varas com molinete. Após as capturas, os peixes foram eutanasiados com Eugenol[®] respeitando as leis do conselho de ética de trabalho com animais (Vidal et al., 2008), depois submersos em gelo e acondicionados em sacos plásticos. No Laboratório de Ictiologia da Amazônia Meridional-LIAM, para cada espécime, foram obtidos dados do comprimento padrão (mm) e peso total (g), e retiradas escamas e vértebras para posterior análise. A preparação das escamas foi feita de acordo com a metodologia de Vazzoler (1981). Para a preparação e coloração das vértebras foi utilizado a técnica da hiper-oxidação e descalcificação química descrita por Pérez et al. (2003).

Preparação das Escamas

As escamas foram retiradas abaixo da linha lateral na região axial da nadadeira peitoral, esse lugar é escolhido devido ser protegido e apresentar escamas mais íntegras e sem regeneração (Werder et al., 1984; Santana, 2013). A preparação das escamas foi feita de acordo com a metodologia de Vazzoler (1981). Primeiramente foi feita uma análise prévia de todas as escamas coletadas para selecionar aquelas

que não apresentaram sinais de regeneração, riscos, deformidades ou qualquer alteração que dificulte a visualização dos *circulli* (anéis de crescimento anuais). Posteriormente, as escamas selecionadas (de três a cinco escamas por indivíduo), foram submetidas a seguinte rotina: cada escama ficou imersa cinco minutos em uma solução de Hidróxido de Potássio 4% (KOH) com o objetivo de clareação e retirada de sujeiras e muco, depois foram imersas em água para retirada do excesso de KOH e posteriormente banhadas em Fenol 10% para evitar fungos e microrganismos nas escamas. Finalmente, as escamas foram secas e montadas em lâminas de microscopia para posterior leitura em microscópio estereoscópio com aumento de 10X.

Preparação das Vértebras

Da porção mediana da coluna vertebral posicionada entre o final da nadadeira peitoral e no primeiro terço anterior da nadadeira adiposa (vértebras N.º 10-19), foram retiradas de 4 a 5 vértebras e em seguida, colocadas em água quente por 5 minutos para eliminar a maior quantidade possível de tecido muscular e adiposo (Pérez et al., 2003). Para observar as marcas de crescimento nas vértebras foi utilizada a técnica de Hiper-oxidação e Descalcificação Química (HDQ). A técnica de Hiper-oxidação e Descalcificação Química caracteriza-se pela aplicação de um processo duplo de extração das gorduras (hiper-oxidação) e de hidratação da estrutura antes da coloração, utilizando o azul de toluidina como corante devido à alta afinidade com as proteínas estruturais o que facilita a visualização das marcas de crescimento (Pérez et al. 2003).

Contagem dos anéis etários

Para a contagem dos anéis etários foram contados os anéis anuais das escamas e vértebras sem informação prévia sobre tamanho ou data de captura (Figura 2). Cada escama e vértebra foi analisada 2 vezes pelo mesmo leitor após um tempo considerável (30 dias), sendo pontuados pela clareza na leitura dos anéis etários em uma escala de cinco pontos: 1, excelente; 2, bom; 3, aceitável (alguns anéis não eram claros, ou pouca incerteza na distinção de anéis "verdadeiros"); 4, pobre (devido a alguns anéis não estarem claramente definidos contagens alternativas eram possíveis); 5, praticamente ilegível (Paul et al., 2009). O erro médio de cada leitura foi calculado pelo coeficiente de variação (CV) e a precisão pelo erro percentual médio (EPM) (Beamish et al., 1981; Campana et al., 1995).

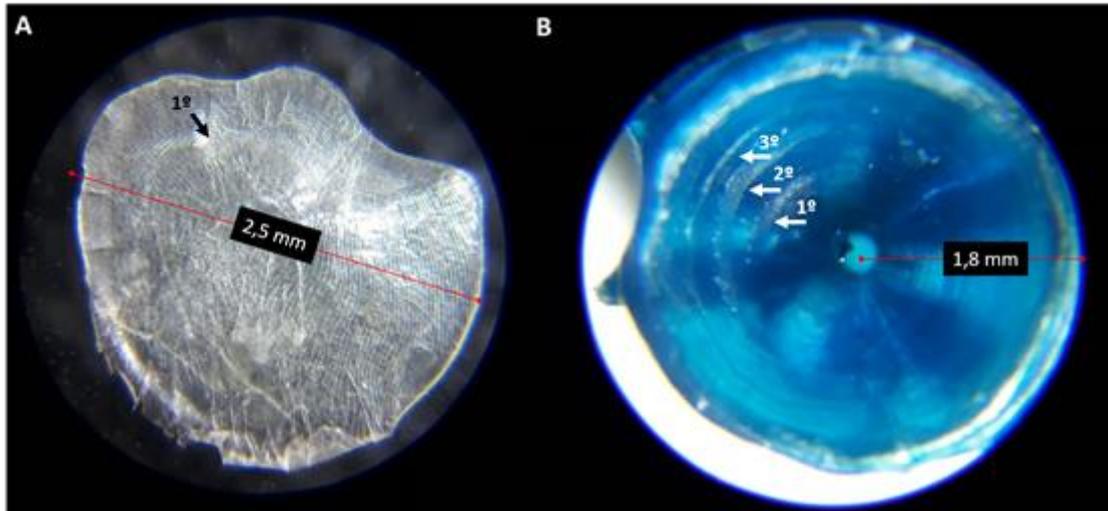


Figura 2. Exemplo de leitura dos anéis de crescimento observados em escama (A) e vértebra (B) de dois juvenis de *Brycon falcatus* coletados no Rio Teles Pires entre 2013 e 2016. Fonte: os autores.

Relação peso e comprimento

A relação peso-comprimento foi estimada usando a expressão: $W = aL^b$, onde W = peso, a = intercepto, L = comprimento padrão, e b = coeficiente angular (Le Cren, 1951). Os parâmetros a e b foram estimados após transformação logarítmica dos dados de peso e comprimento e subsequente ajuste de uma linha reta aos pontos pelo método dos mínimos quadrados (Vanzolini, 1993). Le Cren (1951) afirma que os valores de b variam de 2,0 a 4,0, assumindo o valor 3,0, para o peixe que mantém a mesma forma durante o crescimento ontogenético. Valores de 2 até 3 são de peixes longilíneos e de 3 a 4 de peixes arredondados. O grau de associação entre o peso e o comprimento padrão foi avaliado pelo coeficiente de determinação (r^2).

Análise dos dados

Foram calculados os valores médios e amplitude dos valores de comprimento padrão (mm), peso total (g). A média de idade de leitura de cada estrutura foi submetida à análise de variância (ANOVA), seguida por comparações pareadas post hoc de Tukey, para explicar se as leituras das estruturas mostraram diferenças significativas ($p < 0,05$). Tais análises foram realizadas utilizando o Software Estatístico R v.4.0.2 (R Core Team, 2020).

RESULTADOS

Entre janeiro de 2013 a setembro de 2016 foram coletados 39 exemplares de juvenis de *Brycon falcatus* coletados no Rio Teles Pires, com o peso médio 58,2 g (9,12 g - 220,0 g) e comprimento padrão médio 124,6 mm (70,0 mm - 200,0 mm) (Figura 3). As idades médias estimadas por meio das escamas

($2,48 \pm 0,77$ anos) e vértebras ($2,23 \pm 0,73$ anos) não diferiram significativamente ($p=0,158$) e as duas estruturas apresentaram padrões semelhantes de marcas de crescimento (Figura 3 – 4, Tabela 1). Conforme demonstra o gráfico BoxPlot (Figura 4), verificamos a disposição das idades médias analisadas entre as estruturas rígidas (escamas e vértebras) e observamos que as escamas apresentaram maior variação nas leituras dos anéis etários.

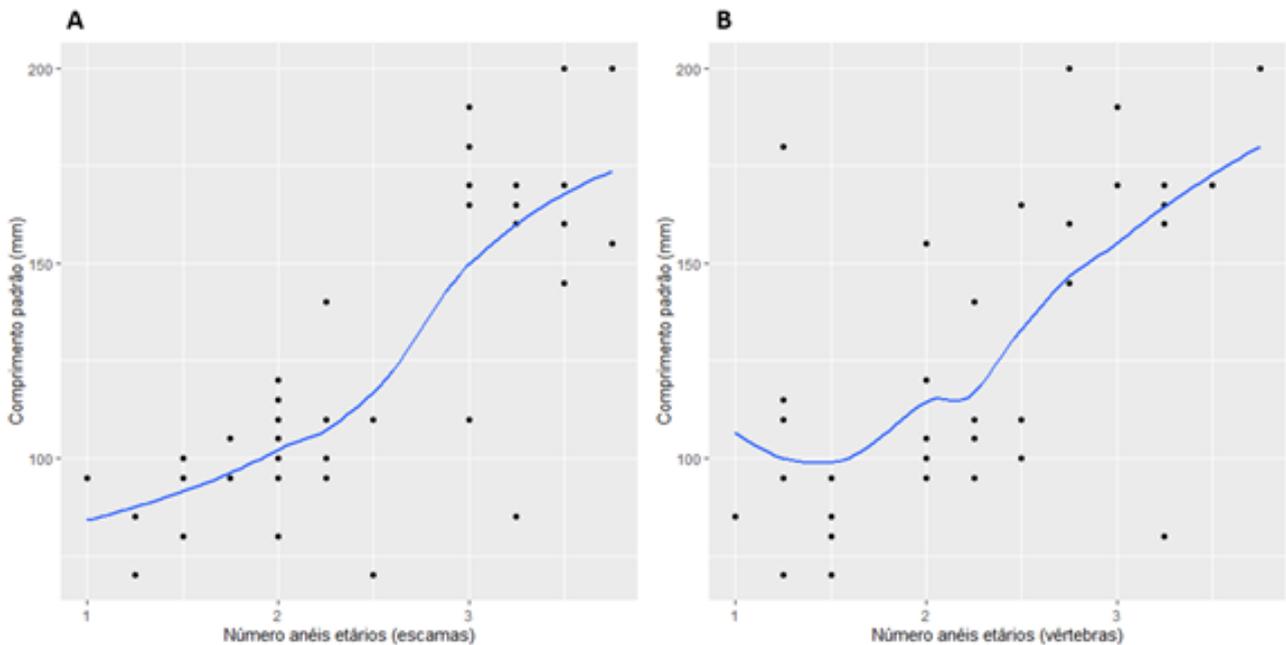


Figura 3 . Relação entre o comprimento padrão (mm) e os anéis etários observados em escama (A) e vértebra (B) de juvenis de *Brycon falcatus* coletados no Rio Teles Pires entre 2013 e 2016. Fonte: os autores.

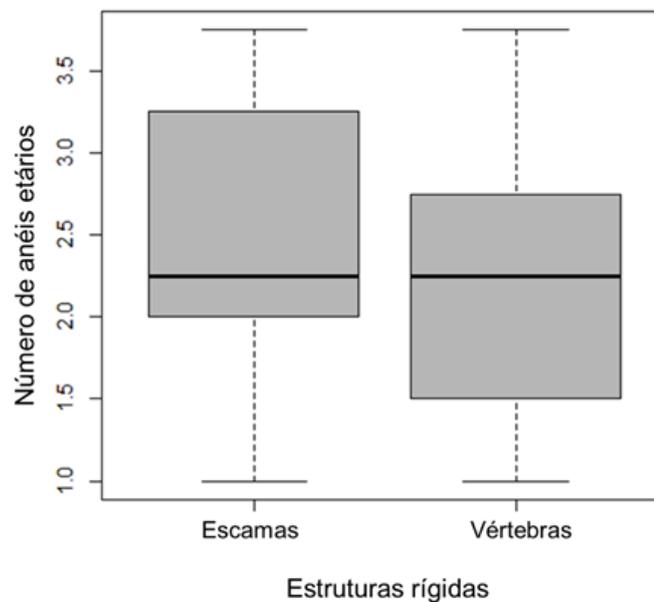


Figura 4. Comparação das idades média determinadas pelas diferentes estruturas rígidas (escamas e vértebras) de espécimes juvenis de *Brycon falcatus* coletados no Rio Teles Pires entre 2013 e 2016. Fonte: os autores.

Na escala de clareza as leituras realizadas nas vértebras mostraram maior clareza na observação dos anéis com 52% das leituras aceitáveis, e as escamas com apenas 10% aceitáveis (Tabela 1). De acordo com baixos valores do coeficiente de variação (CV) e erro percentual médio (EPM) as leituras apresentaram boa precisão, contudo as escamas se mostraram mais precisas e com menores erros do que as vértebras (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição da escala de clareza (1 - excelente; 2 - bom; 3 - aceitável; 4 - pobre; 5 - praticamente ilegível), comparação entre os valores médios da idade estimada, erro percentual médio (EPM) e coeficiente de variação (CV) para vértebras e escamas de juvenis de *Brycon falcatus* coletados no Rio Teles Pires entre 2013 e 2016 ($n = 39$).

Estrutura	Escala de clareza na leitura					Idade média (anos)	EPM (%)	CV (%)
	1	2	3	4	5			
Vértebras	0	0	52%	48%	0	2,23 ± 0,73 ^a	6,55	16,79
Escamas	0	0	10%	89,7%	0,3%	2,48 ± 0,77 ^a	3,99	10,22

Letras iguais dentro da mesma coluna indicam que não houve diferença estatística ($p = 0,158$, ANOVA). Fonte: os autores.

A equação da relação peso-comprimento indicou crescimento alométrico positivo ($b > 3.00$), com $b = 3.166$ para o *B. falcatus*, com coeficiente de determinação $r^2 = 0,98$ indicando que o modelo apresentou um excelente ajuste aos dados (Figura 5). A relação positiva entre o peso total e comprimento padrão evidenciou que o peso total dos peixes aumentou positivamente com seu comprimento.

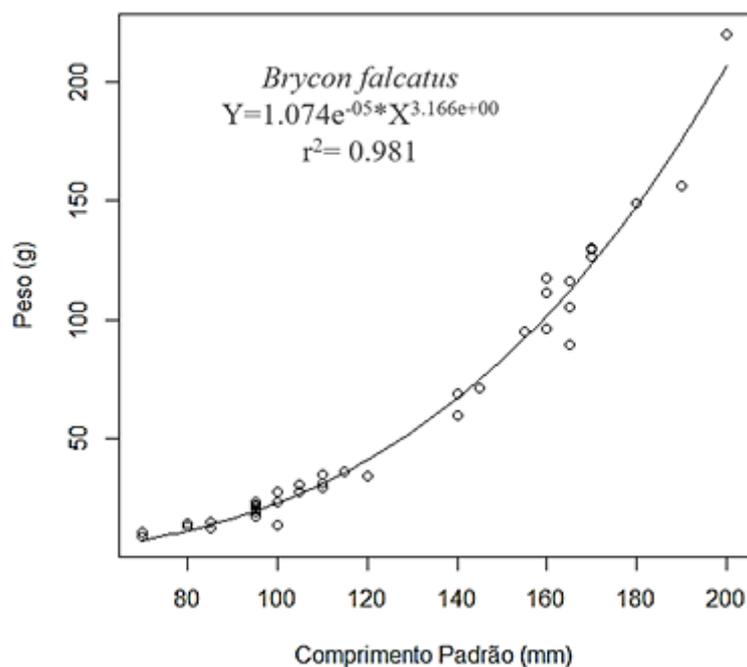


Figura 5. Relação peso total e comprimento padrão dos espécimes de juvenis de *Brycon falcatus* coletados no Rio Teles Pires entre 2013 e 2016. Fonte: os autores.

DISCUSSÃO

Este foi o primeiro estudo analisando anéis de crescimento anuais em escamas e vértebras de juvenis de *Brycon falcatus* na bacia Amazônica, as escamas apresentaram maior precisão e baixos valores de erro percentual do que as vértebras, mas apresentaram baixos escores na escala de clareza na leitura (escamas 10% aceitável e \pm 90% pobre; vértebras 52% aceitável e 48% pobre). Na bacia do Rio Negro foi realizado um estudo analisando a formação de anéis de crescimento diários (escleritos) em juvenis do peixe *Brycon melanopterus*, onde as escamas foram analisadas microscopicamente, contando todos os escleritos formados desde o nascimento, os autores concluíram que para esta espécie há a formação de um esclerito a cada 2 dias (Werder et al., 1984). O único estudo abordando idade e crescimento do peixe *B. falcatus* utilizou somente escamas como estrutura rígida e capturou indivíduos acima de 210 mm no Rio Guaporé (Rubio et al., 2013), não representando a classe de tamanho analisada pelo presente estudo com indivíduos abaixo de 200 mm. Analisando a idade de *Prochilodus lineatus* uma espécie de Characiforme na bacia do Rio Paraná Santana (2013) concluiu que escamas subestimam a idade. Desta forma, devido a possíveis problemas associados à leitura de anéis etários em escamas, pesquisadores indicam que seu uso deve ser cauteloso (Campana et al., 2001).

Vários trabalhos de idade em peixes de água doce realizados na América do Sul, foram feitos com escamas (Dei Tos et al., 2010), possivelmente devido ao seu custo/benefício, uma vez que a metodologia de preparo é relativamente fácil, sendo dispensáveis o uso de equipamentos de alto custo, e sacrifício do peixe (Megalofonou et al., 2003; Silva et al., 2006). Estudos feitos com escama para determinar idade e crescimento de peixes em regiões temperadas vem apresentado resultados satisfatórios, em razão das mudanças súbitas de temperatura, que permite o crescimento perfeito de um anel etário (Lowe-McConnell, 1975; Santos, 1986; Fabré et al., 1998). Contudo, em regiões tropicais quando tais mudanças de temperatura são mais estáveis, pode ocorrer de outros fatores influenciarem na formação dos anéis de crescimento com variação de contraste de um ano para o outro (Lowe-McConnell, 1975; Santos, 1986; Fabré et al., 1998). Dessa forma, a interpretação de anéis através das escamas foi desaprovada por alguns autores (para mais informações: Menon, 1953; Lowe-McConnell, 1975), mas aprovada por outros (para mais informações: Panella 1974; Nekrasov, 1979; Werder et al., 1984). O estudo de idade e crescimento em escamas requer uma interpretação mais cautelosa, visto que a ocorrência de sobreposição de anéis pode levar a uma perspectiva errônea da idade (Musk et al., 2006). Além disso, existem outros fatores a se discutir sobre a confiabilidade das escamas, como: a formação de falsos anéis, regeneração, deformidade e reabsorção que geralmente ocorrem durante a vida do peixe devido a mudanças climáticas (Liao et al., 2013; Martins et al., 2009; Chander et al., 2012). Uma alternativa para realização de estudos visando investigar anéis de crescimento em escamas é que seja utilizado outra estrutura rígida para efeito de comparação e validação da metodologia, como foi feito no presente estudo.

O otólito é uma estrutura calcificada utilizada para determinação da idade em peixes, pois ele continua a crescer com o aumento da idade do peixe, sendo a estrutura mais indicada para Characiformes (Gagliano et al., 2004). Entretanto, o processamento dos otólitos para corte e leitura dos anéis etários necessita do uso de equipamento e materiais de alto custo quando comparado a vértebras e escamas. Em um estudo com peixe Characiforme na China comparando a formação de anéis em vértebras, otólitos e opérculos Ma et al. (2017) concluíram que a exatidão em vértebras e otólitos foram similares. Para Pérez et al. (2003) entre vértebras, otólitos e opérculos, a exatidão na observação de anéis etários foi maior nas vértebras. Para estes autores, as principais dificuldades em utilizar vértebras estão no processo de leituras, pois há presença de marcas duplas ou múltiplas, intermediárias e as vezes grande proximidade entre as marcas (Pérez et al., 2003). Na Amazônia Central não foi possível observar um padrão de marcação nas vértebras de um characiforme (*Colossoma macropomum*), devido principalmente pela grande quantidade de marcas intermediárias (Villacorta-Corrêa, 1997). No presente estudo foi utilizada a metodologia de Hiper-oxidação e Descalcificação Química, descrita por Pérez et al. (2003) para preparação das vértebras. A referida metodologia é meticulosa e demanda muito tempo para conseguir coloração uniforme nas vértebras, mas é vantajosa, pois além de permitir a distinção das marcas de crescimento, é de baixo custo e não exige muito cuidado no momento da extração da estrutura, como no caso dos otólitos (Pérez et al., 2003). Além disso, estudos visando analisar anéis de crescimento utilizando escamas e vértebras podem contar com a participação e colaboração de pescadores artesanais, devido à facilidade de coleta de tais estruturas. O principal objetivo do presente estudo foi justamente a indicação de uma estrutura rígida para estudos de idade e crescimento que fosse mais fácil e de baixo custo, e a vértebra apresentou-se como uma boa alternativa.

Para os juvenis de *B. falcatus* analisados no presente estudo, a equação da relação peso-comprimento demonstrou crescimento alométrico positivo ($b > 3.00$) com $b = 3.166$ indicando um crescimento maior em peso do que comprimento. A relação peso-comprimento é uma importante ferramenta em estudos de biologia pesqueira, pois permite determinar peso e biomassa, indicando condições e permitindo comparações de crescimento populacional, facilitando estimativas de produções pesqueiras (Gomieiro et al., 2003; Lemos et al., 2006; Bastos et al., 2011; Camargo et al., 2015). Foi realizado um estudo na bacia do Rio Teles Pires analisando a relação peso-comprimento de *B. falcatus* (15,00 a 48,50 cm de comprimento padrão), com $b = 3.374$ e $r^2 = 0,97$, apresentando um crescimento alométrico positivo como o presente estudo (Matos et al., 2017). Também foi descrito crescimento alométrico positivo $b = 3.387$ e $r^2 = 0,91$ para espécimes de *B. falcatus* no Rio Teles Pires medindo de 22,5 a 48,0 cm de comprimento padrão (Matos et al., 2018). O presente estudo analisou somente espécimes juvenis de *B. falcatus* que apresentaram o coeficiente angular ($b = 3.166$) ligeiramente menor do que outros estudos que analisaram espécimes adultos da mesma espécie e na mesma bacia hidrográfica ($b = 3.374$, Matos et al., 2017; $b = 3.387$, Matos et al., 2018). Esta diferença nos valores do coeficiente angular (b)

pode ser devido a alocação de energia para reprodução e/ou migração nos espécimes adultos resultando em maior peso e por consequência maiores valores de b . Em peixes pode haver diferença nos padrões de alocação de energia, que variam ao longo da vida (Wootton, 1989), e juvenis podem transformá-la em crescimento somático (Vazzoler, 1996). Diante disto, podemos concluir que o valor do coeficiente angular do presente estudo reflete o padrão de peixes juvenis que alocam energia para o crescimento.

CONCLUSÃO

Concluimos que embora vértebras e escamas de juvenis de *Brycon falcatus* no Rio Teles Pires não apresentaram diferença significativa quanto a formação de anéis etários, as vértebras apresentam maior clareza e podem ser consideradas mais confiáveis para estudos de idade e crescimento da referida espécie. Nossos resultados são importantes para futuros estudos da biologia populacional do peixe *B. falcatus*, e informações decorrentes desses estudos são fundamentais para manejo pesqueiro adequado da espécie.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos bolsistas que foram incansáveis durante os extensos dias em campo para coleta, bem como as atividades de laboratório. As atividades referentes a esta pesquisa foram desenvolvidas com aporte financeiro do Convênio UNEMAT/COPEL 007/2011 pelo Programa Básico Ambiental – Monitoramento dos Ecossistemas Aquáticos em dois Subprogramas: Monitoramento da Ictiofauna e Resgate da Ictiofauna, desta forma externamos nossos agradecimentos a COPEL – UHE Colíder.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albrecht MP et al. (2009). Population responses of two omnivorous fish species to impoundment of a Brazilian tropical river. *Hydrobiologia*, 627: 181-193.
- Antunes RSP et al. (2010). Molecular characterization and phylogenetic relationships among species of the genus *Brycon* (Characiformes: Characidae) from four hydrographic basins in Brazil. *Genetics and Molecular Research*, 9(2): 674-684.
- Arantes CC et al. (2010). Effects of population density on growth and reproduction of arapaima in an Amazonian river-floodplain. *Ecology of Freshwater Fish*, 19(3): 455–465.
- Beamish RJ et al. (1981). A method for comparing the precision of a set of age determinations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(8): 982–983.
- Beckman DW et al. (1995). Seasonal Timing of Opaque Zone Formation in Fish Otoliths. *In*: Secor DH et al. (Ed.). *Recent Developments in Fish Otolith Research*. Columbia: University of South Carolina Press. p. 27-44.

- Begossi A et al. (1992). Food taboos and folk medicine among fishermen from the Tocantins river (Brazil). *Amazonia na XII* (1): 101–118.
- Borges GA (1986). Ecologia de três espécies do gênero *Brycon* Muller & Troschel, 1844 (Pisces, Characidae), no Rio Negro-Amazônas, com ênfase na caracterização taxonômica e alimentação. Dissertação de Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 148p.
- Boujard T et al. (1991). Growth in four populations of *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) (Anostomidae, Teleostei) in French Guiana. *Journal of Fish Biology*, 38: 387-397.
- Braga RA (1982). Depleção aparente do matrinxã, *Brycon hilarii*, em pesqueiros do Rio São Francisco. *Boletim Técnico DNOCS* 40: 175-180.
- Camargo M et al. (2015). Population and biological parameters of selected fish species from the middle Xingu River, Amazon Basin. *Brazilian Journal of Biology*, 75(suppl.), S112–S124.
- Campana SE (1984). Interactive effects of age and environmental modifiers on the production of daily growth increments in otoliths of plainfin midshipman, *Porichthys notatus*. *Fishery Bulletin*, 82. p. 165-177.
- Campana SE et al. (2001). Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58: 30-38.
- Ceccarelli OS et al. (1996). *Brycon*: viabilização da produção de alevinos. *Panorama da Aqüicultura* 35: 10-11.
- Chander SK et al. (2012). Aging material matters in the estimation of von Bertalanffy growth parameters for dolphinfish (*Coryphaena hippurus*). *Fisheries Research* 119-120, p. 147-153.
- Cutrim L et al. (2005). Determinação de idade e crescimento do mapará (*Hypophthalmus marginatus*) na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 35(1): 85-92.
- Dei Tos C et al. (2010). Uma visão sobre idade de peixes de água doce na América do Sul: a ciência, tendências e o futuro. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 32(4): 323-334.
- Empresa de Pesquisa Energética - EPE. (2011). Relatório de Impacto Ambiental-RIMA da Usina Hidrelétrica São Manoel. Rio de Janeiro, RJ. [acesso em 08/01/2021]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-247/Rima%20-%20UHE%20S%C3%A3o%20Manoel.pdf>. Acesso em: 08/01/2021.
- Fabré NN et al. (1998). Annulus formation on scales and seasonal growth of the Central Amazonian anostomid *Schizodon fasciatus*. *Journal of Fish Biology* 53: 1-11.
- Faria CA (1994). Propagação artificial de piabanha (*Brycon insignis*) na seção de hidrobiologia e aqüicultura de Paraibuna-CESP. I Seminário Sobre Criação de Espécies do Gênero *Brycon*. 1: 09-15.

- Ferreira BP et al. (1994). Age validation and estimation of growth rate of the coral trout, *Plectropomus leopardus*, (Lacépede 1802) from Lizard Island, Northern Great Barrier Reef. *Fishery Bulletin*, 92(1): 46-55.
- Gagliano M et al. (2004). Feeding history influences otolith shape in tropical fish. *Marine Ecology Progress Series*, 278: 291-296.
- Gomieiro LM et al. (2003). Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla* cf. *ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, Rio Grande - MG/SP. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 25(1): 79-86.
- Gomiero LM et al. (2007). Crescimento e mortalidade de *Brycon opalinus* (Characiformes, Characidae) no Parque Estadual da Serra do Mar, Mata Atlântica, Estado de São Paulo. *Biota Neotropical*, 7(1): 1-6.
- Hauser M et al. (2018). Age and growth of the Amazonian migratory catfish *Brachyplatystoma rousseauxii* in the Madeira River basin before the construction of dams. *Neotropical Ichthyology*, 16(1): e170130.
- Howes G (1982). Review of the generous *Brycon* (Teleostei: Characoidei). *Bulletin of the British Museum Natural History (Zoology)*, 43(1): 1-47.
- Le Cren ED (1951). The length–weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20: 201–19.
- Lemos JRG et al. (2006). Relação peso-comprimento e fator de condição em espécies de peixes ornamentais do Rio Negro, Estado do Amazonas, Brasil. *CIVA 2006* (<http://civa2006.org>):721-725.
- Liao H et al. (2013). Quantifying the effects of aging bias in Atlantic *Striped Bass* Stock Assessment. *Transactions of The American Fisheries Society*, 147(1): 193-207.
- Lima FCT (2003). Subfamily Bryconinae. Pp. 174-181 *In*: Reis RE et al. (eds.), *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Edipucrs, Porto Alegre, 729 pp.
- Lima FCT et al. (2000). *Brycon vermelha*, a new species of characid fish from the Rio Mucuri, a coastal river of eastern Brazil (Ostariophysi: Characiformes). *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 11(2): 55-62.
- Lowe-McConnell RH (1975). *Fish communities in tropical fresh waters*. Longman Inc., New York, 340 p.
- Ma BS et al. (2017). Precision of age estimations from otolith, vertebra, and opercular bone of *Gymnocypris firmispinatus* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae) in the Anning River, China. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 47: 321–329.
- Martins JME et al. (2009). Determinação da idade e crescimento de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Characiformes, Erythrinidae) na represa de Campim Branco I, Rio Araguari, MG. *Revista Brasileira de Zootecias*, 11(3): 261-268.

- Mateus LA et al. (2002). Fish stock assessment of piraputanga *Brycon microlepis* in the Cuiabá river basin, Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 62(1): 165-170.
- Matos LS et al. (2015). Impacto da ceva no sabor e coloração de filés do peixe matrinxã selvagem na Bacia Amazônica. *Revista Colombiana de Ciência Animal*, 7(2): 148-153.
- Matos LS et al. (2017). Length–weight relationship and condition factor of the Characidae matrinxã, *Brycon falcatus* (Müller & Troschel, 1844), in the Teles Pires River, southern Amazon. *Journal of Applied Ichthyology*, 34(3): 724-728.
- Matos LS et al. (2018). Assessment of mercury contamination in *Brycon falcatus* (Characiformes: Bryconidae) and human health risk by consumption of this fish from the Teles Pires River, southern Amazonia. *Neotropical ichthyology*, 16(1): 1–11.
- Matos LS et al. (2020). Perception of professional artisanal fishermen on the decline in the catch of matrinxã fish in the Teles Pires River, Tapajós Basin. *In: Padrões Ambientais Emergentes e Sustentabilidade dos Sistemas*. Organizadora Jéssica Aparecida Prandel. Ponta Grossa, PR: Atena.
- Matos LS et al. (2021). Mercury concentrations in fish and human health assessment in pre-flood phase of a hydro dam in Teles Pires River, Southern Brazilian Amazon. *Elementa: Science of the Anthropocene in Special Forum on Mercury in the Southern Hemisphere and Tropics. No prelo.*
- Megalofonou P et al. (2003). O uso potencial de escamas para estimar a idade e o crescimento do atum voador do Mediterrâneo (*Thunnus alalunga*). *Journal of Applied Ichthyology*, 19(4): 189-194.
- Mendonça JOJ et al. (1994). Introdução. I Seminário sobre criação de espécies do Gênero *Brycon*. CEPTA, Pirassununga, Brasil.
- Menon MD (1953). The determination of age and growth of fishes of tropical and subtropical waters. *Journal of the Bombay Natural History Society*, 51(3): 623-635.
- Musk RS et al. (2006). The effect of subjective fish scale ageing on growth and recruitment analyses: a case study from the uk. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 36(1): 81-84.
- Nekrasov VV (1979). The causes of annulus formation in tropical fishes. *Hidrobiology Journal* 14(2): 35-39.
- Nikolsky GV (1963). *The Ecology of fishes*. London, Academic. Press, 187p.
- Ohara WM (2017). *Peixes do Rio Teles Pires: diversidade e guia de Identificação*/Willian M. Ohara... {et al.}. – Goiânia: Gráfica e Editora Amazonas, 408p.
- Panella G (1974). Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. *In: Bagenal TB. Ageing of Fish*. Unwin Brothers, Surrey, p. 23-39.
- Paul LJ et al. (2009). Age and growth of sea perch (*Helicolenus percooides*) from two adjacent areas off the east coast of South Island, New Zealand. *Fisheries Research*, v 95(2–3): 169–180.

- Pérez A et al. (2003). Seleção das estruturas calcificadas para a determinação da idade da piracatinga *Calophrysus macropterus* Lichtenstein (Siluriformes: Pimelodidae) na Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazônica*, 33(3): 499-514.
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. Disponível em: < <http://www.R-project.org/>>. Acesso em 10/09/2020.
- Reys P et al. (2009). Frugivory by the fish *Brycon hilarii* (Characidae) in western Brazil. *Acta Oecologica* 35: 136–141.
- Rubio TC et al. (2013). Parâmetros biológicos e tamanho mínimo de captura do *Brycon falcatus* (Peixes: Characidae) na bacia do Rio Guaporé Mato Grosso, Brasil. In: Van Damme PA et al (Eds.) *Agua del Iténez o Guaporé : Recursos hidrobiológicos de un patrimonio binacional (Bolívia y Brasil)*. Marseille:IRD Éditions, p. 204-215.
- Santana HS (2013). Rediscutindo estimativas de idade em peixes tropicais: explorando o viés entre estruturas calcificadas. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Santos-Filho LC et al. (2009). Dinâmica populacional da matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae) na Amazônia Central. *Zoologia* 26(2): 195-203.
- Santos GB (1986). Estudos sobre a biologia de *Leporinus piau* Fowler, 1941 na represa de Três Marias (MG) (Pisces, Ostariophysi, Anostomidae). Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Departamento de ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 153f.
- Silva EA et al. (2006). Age structure, growth and survival rates of the commercial fish *Prochilodus nigricans* (bacachico) in North-Eastern Ecuador. *Environmental Biology of Fishes*, 77: 63-77.
- Silva SAA (2007). Dieta natural de *Brycon* sp. n. “cristalino”- matrinxã no parque estadual cristalino, região norte de Mato Grosso. Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação a nível de doutorado em Aqüicultura – Centro de Aqüicultura da Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal. 85p.
- Tundisi JG (2003). Água no século XXI: enfrentando a escassez. RiMa/IIE, São Carlos, Brasil.
- Vanzolini PE (1993). Métodos estatísticos elementares em sistemática zoológica. Hucitec, São Paulo.
- Vazzoler AEAM (1981). Manual de Métodos para estudos biológicos de populações de peixes, reprodução e crescimento. Brasília, CNPq.
- Vazzoler AEAM (1996). Biologia e reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM. São Paulo: SBI, 169p.
- Vidal LVO et al. (2008). Eugenol como anestésico para a tilápia do Nilo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(8): 1069-1074.

- Villacorta-Correa MA (1987). Crescimento do matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1869) (Teleostei, characidae) no Rio Negro, seus afluentes e no baixo Rio Solimões. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus.
- Villacorta-Correa MA (1997). Estudo de idade e crescimento do Tambaqui *Colossoma macropomum* Characiformes: Characidae na Amazônia central, pela análise de marcas sazonais nas estruturas mineralizadas e microestruturas nos otólitos. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, Amazonas, 216p.
- Werder U et al. (1984). Age determination by sclerite numbers, and scale variations in six fish species from the Central Amazon (Osteichthyes, Characoidei). *Amazoniana*, 8(3): 395-420.
- Wootton RJ (1989). Ecology of teleost fishes. Chapman & Hall, 403p.

ÍNDICE REMISSIVO

A

agroecologia, 4, 65, 66, 67, 70
agroquímicos, 65, 72

B

biodiversidade, 8, 41, 42, 49, 65
biofertilizantes líquidos, 4, 65, 66, 72, 73, 74, 76

E

extrativismo, 45

F

fitoextração, 8

H

herbicidas, 12, 13, 16

M

mata atlântica, 41, 48, 49, 89
metais pesados, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15

P

poluição, 9, 71, 78
produção de sementes, 43, 46, 48

R

recursos naturais, 41, 66, 72
remediação, 7, 8, 9, 14, 16, 17
resíduos, 6, 7, 16, 66, 68

SOBRE OS ORGANIZADORES



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 150 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 124 resumos simples/expandidos, 52 organizações de e-books, 32 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Atualmente, possui 52 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 33 organizações de e-books, 20 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com, jorge.aguilera@ufms.br.

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. Esta obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

ISBN 978-658831948-2

