

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Marcela Peuckert Kamphorst Leal da Silva

**ESTRATÉGIAS DE FACILITAÇÃO DA SUCESSÃO ECOLÓGICA NO
PÓS-CONTROLE DE GRAMÍNEAS INVASORAS**

Santa Maria, RS
2023

Marcela Peuckert Kamphorst Leal da Silva

**ESTRATÉGIAS DE FACILITAÇÃO DA SUCESSÃO ECOLÓGICA NO PÓS-
CONTROLE DE GRAMÍNEAS INVASORAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Engenharia Agroambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Prof. Dra. Ana Paula Moreira Rovedder

Santa Maria, RS
2023

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Silva, Marcela Peuckert Kamphorst Leal da
ESTRATÉGIAS DE FACILITAÇÃO DA SUCESSÃO ECOLÓGICA NO PÓS
CONTROLE DE GRAMÍNEAS INVASORAS / Marcela Peuckert
Kamphorst Leal da Silva.- 2023.
85 p.; 30 cm

Orientador: Ana Paula Moreira Rovedder
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2023

1. Invasão biológica 2. Restauração ecológica 3.
Unidades de conservação 4. Biomassa I. Moreira Rovedder,
Ana Paula II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, MARCELA PEUCKERT KAMPHORST LEAL DA SILVA, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Marcela Peuckert Kamphorst Leal da Silva

**ESTRATÉGIAS DE FACILITAÇÃO DA SUCESSÃO ECOLÓGICA NO PÓS-
CONTROLE DE GRAMÍNEAS INVASORAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Engenharia Agroambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Engenharia Agrícola.

Aprovado em 20 de janeiro de 2023:

Ana Paula Moreira Rovedder, Prof^a. Dr^a. (UFSM)

(Presidente/orientadora)
(por videoconferência)

Ana Claudia Bentancor Araujo, Dr^a. (IF)

(por videoconferência)

Márcia d'Avila, Prof. Dr^a. (UFSM)

(por videoconferência)

Pedro Joel Silva da Silva Filho, Dr^a. (UFSM)

(por videoconferência)

Schirley Costalonga, Prof^a. Dr^a. (UFES)

(por videoconferência)

Santa Maria, RS
2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores que fizeram parte da minha jornada, em especial a minha orientadora Ana Paula que me acompanha há quase 10 anos. Sou quem sou graças à educação!

Aos meus pais Jackson e Sandra pelo amor incondicional, por acreditarem na educação, por resistirem e pelas lutas diárias. Com vocês aprendi “ser” ao invés de “parecer ser”, obrigada por “sermos” juntos!

Ao meu irmão Pedro por dividir a vida comigo. Obrigada pela sinceridade, ternura e afeto!

Ao meu amor Dani pelo apoio, parceria e por me acalmar colocando discos de vinil da Bethânia para embalar os dias de escrita. Obrigada por acreditar na minha capacidade e pelas palavras: “tudo vai dar certo”.

Aos meus colegas e amigos do NEPRADE que ajudaram na realização deste trabalho. Esta tese é fruto do trabalho de uma equipe unida!

Aos meus maiores companheiros de perrengues e aprendizados Jaque, Djoney e Jhoni. Conseguir fazer Ciência em tempos sombrios é uma conquista para poucos!

Ao Parque Estadual Quarta Colônia, em especial à Caroline Mallmann e ao Leomar que não mediram esforços para que esse trabalho fosse realizado.

Aos membros da Banca pela boa vontade em contribuir com este trabalho.

À CAPES pela concessão da Bolsa de doutorado.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola e a UFSM pela oportunidade de crescimento profissional.

*“Palavra e som são meus caminhos pra ser livre
E eu sigo, sim.
Faço o destino com o suor de minha mão...
...Mas eu agradeço ao tempo
O inimigo eu já conheço
Sei seu nome, seu rosto e seu endereço
A voz resiste, a fala insiste, quem viver verá!”*

Belchior

RESUMO

ESTRATÉGIAS DE FACILITAÇÃO DA SUCESSÃO ECOLÓGICA NO PÓS-CONTROLE DE GRAMÍNEAS INVASORAS

Autora: Marcela Peuckert Kamphorst Leal da Silva

Orientadora: Prof. Dr^a. Ana Paula Moreira Rovedder

Invasão biológica refere-se ao processo de entrada, estabelecimento e disseminação de uma espécie exótica em um ambiente onde não havia a sua ocorrência anterior. Atualmente, a invasão biológica é um desafio enfrentado, também, pelas Unidades de Conservação (UCs). O Parque Estadual da Quarta Colônia (PEQC) é classificado como UC de proteção Integral, localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul. Em seus limites estão presentes grandes porções de áreas degradadas com presença de espécies exóticas invasoras, causando impactos negativos aos processos de sucessão natural. Frente a este cenário, a direção do PEQC realizou um controle prévio de plantas exóticas invasoras a partir do uso dos métodos mecânico e químico combinados. Após isso, foi observado um alto percentual de regeneração das gramíneas exóticas invasoras, mesmo após a execução das práticas de controle destas espécies. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo testar e validar estratégias que favoreçam a sucessão ecológica em áreas de pós-controle de gramíneas exóticas invasoras no PEQC, a fim de fornecer subsídios para iniciar a restauração ecológica na UC. O experimento seguiu o delineamento experimental de blocos casualizados e foram testados quatro tratamentos, referentes a diferentes tipos de biomassas: Resíduos lenhosos (T1), Cascas de arroz (T2), Espécies de cobertura (T3) e Controle (T4). Foram aplicadas metodologias para a avaliação da cobertura do solo, quantificação de biomassa e levantamento da regeneração natural em dois experimentos: 1) Área de pós-controle de *Pennisetum purpureum* Schumach; 2) Área de pós-controle de *Urochloa* sp. Os dados de cobertura do solo, biomassa, abundância e riqueza da regeneração natural do estrato arbustivo-arbóreo foram submetidos à ANOVA e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Também foram calculados índices fitossociológicos para o estrato arbustivo-arbóreo. Todas as análises estatísticas foram processadas no R. O tratamento mais eficaz para as duas espécies de gramíneas exóticas invasoras estudadas foi o T1 “Resíduos lenhosos”. Esta biomassa refere-se a um material comumente produzido no decorrer da execução de planos de manejo e controle em grandes áreas em larga escala, realidade encontrada no PEQC. A regeneração natural das espécies nativas está ocorrendo de maneira satisfatória, levando em consideração o histórico de degradação do local. A maioria das espécies regenerantes são dispersas por animais, dessa forma indicamos que após a implementação da biomassa, seja instaladas técnicas ativas de restauração como plantio em núcleos e poleiros artificiais visando potencializar a sucessão ecológica das áreas de pós-controle.

Palavras-chave: Invasão biológica, restauração ecológica, unidades de conservação, biomassa.

ABSTRACT

ECOLOGICAL SUCCESSION FACILITATION STRATEGIES IN POST-CONTROL INVASIVE GRASS

AUTHOR: Marcela Peuckert Kamphorst Leal da Silva

ADVISOR: Prof. Dr^a. Ana Paula Moreira Rovedder

Biological invasion refers to the process of entry, establishment and dissemination of an alien species in an environment where it did not previously occur. Currently, biological invasion is a challenge also faced by Conservation Units (UCs). The Quarta Colônia State Park (PEQC) is classified as an Integral protection UC, located in the central region of the state of Rio Grande do Sul. In its limits are present large portions of degraded areas with the presence of invasive exotic species, causing negative impacts to the processes of natural succession. Faced with this scenario, the PEQC management carried out a previous control of invasive exotic plants using combined mechanical and chemical methods. After that, a high percentage of regeneration of invasive exotic grasses was observed, even after the implementation of control practices for these species. Given the above, this work aims to test and validate strategies that favor ecological succession in post-control areas of invasive exotic grasses in the PEQC, in order to provide subsidies to initiate ecological restoration in the UC. The experiment followed the experimental design of randomized blocks and four treatments were tested, referring to different types of biomass: Woody residues (T1), Rice husks (T2), Cover species (T3) and Control (T4). Methodologies were applied for the evaluation of soil cover, quantification of biomass and survey of natural regeneration in two experiments: 1) Post-control area of *Pennisetum purpureum* Schumach; 2) *Urochloa* sp. Data on land cover, biomass, abundance and richness of natural regeneration of the shrub-tree stratum were submitted to ANOVA and the means of treatments were compared by Tukey's test ($p < 0.05$). Phytosociological indices were also calculated for the shrub-tree stratum. All statistical analyzes were processed in R. The most effective treatment for the two invasive exotic grass species studied was the T1 "Woody residues". This biomass refers to a material commonly produced during the execution of management and control plans in large areas on a large scale, a reality found in the PEQC. The natural regeneration of native species is occurring satisfactorily, taking into account the historical degradation of the site. Most regenerating species are dispersed by animals, so we suggest that after the implementation of biomass, active restoration techniques be installed, such as planting in cores and artificial perches in order to enhance the ecological succession of the post-control areas.

Keywords: Biological invasion, ecological restoration, conservation units, biomass.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	10
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 HIPÓTESES	14
4 REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1 A INVASÃO BIOLÓGICA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	15
4.2 INVASÃO BIOLÓGICA NO PARQUE ESTADUAL QUARTA COLÔNIA.....	16
4.3 CONTROLE DE ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS NO PEQC.....	17
5 METODOLOGIA GERAL	20
5.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	20
5.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	21
6 CAPÍTULO I – POTENCIALIZANDO A SUCESSÃO ECOLÓGICA EM ÁREA DE PÓS-CONTROLE DE <i>Pennisetum purpureum</i> Schumach.....	23
6.1 INTRODUÇÃO.....	25
6.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
6.2.1 Caracterização da área de estudo	26
6.2.2 Caracterização do experimento	27
6.2.3 Caracterização dos tratamentos.....	27
6.2.4 Coleta dos dados	28
6.2.5 Análise dos dados.....	30
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6.3.1 Cobertura do solo	30
6.3.2 Quantificação da biomassa.....	33
6.3.3 Regeneração natural	38
6.4 CONCLUSÃO.....	45
6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
7 CAPÍTULO II - O USO DE BIOMASSAS REDUZ A REINTRODUÇÃO DE <i>Urochloa</i> sp. E FAVORECE A SUCESSÃO ECOLÓGICA EM ÁREA DE PÓS-CONTROLE?	50
7.1 INTRODUÇÃO.....	52

7.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	53
7.2.1 Caracterização da área de estudo	53
7.2.2 Caracterização do experimento	54
7.2.3 Coleta dos dados	55
7.2.4 Análise dos dados.....	57
7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
7.3.1 Cobertura do solo	57
7.3.2 Quantificação da biomassa.....	60
7.3.3 Regeneração natural	64
7.4 CONCLUSÃO.....	76
7.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

1 INTRODUÇÃO GERAL

O termo invasão biológica refere-se ao processo de entrada, estabelecimento e disseminação de uma espécie exótica em um ambiente onde não havia a sua ocorrência anterior (OGDEN e REJMÁNEK, 2005). Dessa forma, espécies invasoras são aquelas que, uma vez introduzidas a partir de outros ambientes, se adaptam e passam a reproduzir-se a ponto de ocupar o habitat de espécies nativas, após o período requerido para sua adaptação (ZILLER, 2000). Esse processo decorre da vantagem competitiva e dominância das espécies invasoras em relação às espécies nativas (VALÉRY et al., 2008), acarretando em impactos ambientais na biota e no meio físico e, conseqüentemente, desencadeando desequilíbrios ambientais graves (BARBOSA, 2009). As espécies exóticas invasoras não ameaçam apenas os ecossistemas naturais desprotegidos, essa é uma ameaça presente, também, nas Unidades de Conservação (UCs) em escala global (GISP, 2007). A presença de plantas exóticas invasoras em áreas que “deveriam ser conservadas” vem de encontro ao seu principal objetivo: a preservação da biodiversidade e dos recursos naturais (LEÃO et al., 2011).

O Parque Estadual da Quarta Colônia (PEQC) é classificado como Unidade de Conservação de proteção Integral e foi criado pelo Decreto Estadual nº 44.186 na região central do estado do Rio Grande do Sul. Estão presentes nos limites do PEQC grandes porções de áreas degradadas e acometidas pela presença de espécies exóticas invasoras, causando impactos negativos nos processos de sucessão natural da UC (MARCUIZZO, 2012; MALLMANN, 2018). A introdução dessas espécies exóticas florísticas está relacionada ao seu uso antrópico, motivado por fatores ornamentais e medicinais e, também, relacionados às atividades de agropecuária e silvicultura (GISP, 2007; CEZIMBRA, 2021).

Dentre as espécies de plantas invasoras exóticas, as gramíneas são consideradas uma das mais graves ameaças aos ecossistemas naturais. Essas modificam as paisagens dos ambientes, principalmente por serem altamente competitivas, afetando a germinação e crescimento das espécies nativas (MEDEIROS et al., 2009). Essa competitividade é explicada pela elevada eficiência de reprodução dessas espécies. Dessa forma, as gramíneas exóticas invasoras formam rapidamente um denso estrato herbáceo que age como uma barreira física à reentrada e regeneração das espécies nativas (COUTINHO et al., 2019), impactando, principalmente, nas primeiras etapas da sucessão ecológica dessas áreas invadidas (RESENDE e LELES, 2017).

Dito isso, torna-se crucial a identificação das gramíneas exóticas invasoras presentes nas UCs e o monitoramento dos focos de invasão, para que seja possível a elaboração de

estratégias que contenham a disseminação dessas espécies. No entanto, não basta apenas que as recomendações técnicas fiquem restritas a ações de diagnóstico e monitoramento. Devem-se adotar ações de controle eficazes e abordagens práticas para a prevenção a novas introduções dessas espécies após o controle (ZILLER e DECHOUM, 2013).

Para isso, há a extrema necessidade de elaboração de programas de controle e manejo de gramíneas exóticas invasoras em UCs, onde haja um manejo integrado utilizando os métodos de controle: mecânico, químico e biológico condizentes com a realidade de cada área (ZILLER, 2000). Contudo, é esperado que a sucessão ecológica se manifeste com aumento na riqueza e na diversidade de espécies nativas após a aplicação desses métodos (OGDEN e REJMÁNEK, 2005), no entanto, dependendo do histórico de degradação da área, do grau de invasão e dos mecanismos inerentes às espécies, mesmo após a execução do controle, pode haver a necessidade de implementação de estratégias que impeçam novas investidas dessas espécies.

A problemática de invasão biológica, ao ser entendida como uma das causas de degradação dos ecossistemas (GROTKOPP et al., 2002), pode ter como solução a restauração ecológica, que permite a reconstrução da estrutura e da funcionalidade desses ecossistemas (MARTIN, 2017). No entanto, para que seja eficiente a restauração dessas áreas degradadas, o projeto não pode se resumir apenas no uso das técnicas tradicionais (restauração passiva e/ou ativa) isoladas. Torna-se necessária à elaboração de um projeto onde haja um controle integrado eficaz, implementação de estratégias que evitem reintroduções das espécies exóticas invasoras e que potencializem a sucessão da comunidade nativa e, por fim, a implementação de técnicas de restauração propriamente ditas (restauração passiva, plantios e/ou nucleação) (GANN et al., 2019).

Para que seja possível compreender essa problemática, torna-se crucial o conhecimento sobre as espécies exóticas invasoras, a compreensão sobre seus mecanismos de disseminação e a sapiência sobre a viabilidade e eficácia de métodos de controle nos diferentes ecossistemas. No entanto, atualmente há um grande aumento nos estudos relacionados a essas temáticas e com isso surgem possíveis respostas para esse problema, o que faz o mundo acadêmico pensar alguns passos à frente:

- Como evitar que haja reintroduções das espécies invasoras mesmo após a realização de ações de controle?
- Como a sucessão ecológica se comporta após as intervenções de controle e manejo de espécies exóticas invasoras?

- Quais estratégias são eficientes para potencializar a regeneração natural das espécies nativas e conseqüentemente dar início a restauração ecológica dessas áreas?

Pensar, refletir e buscar respostas sobre essas questões é o que motivou a presente pesquisa. A partir disso, buscamos testar e validar estratégias inovadoras para conter reintroduções de gramíneas exóticas invasoras e, conseqüentemente, favorecer a regeneração natural de espécies nativas em áreas de pós-controle presentes no PEQC. Para isso, testamos diferentes tipos de biomassas, sendo considerados os pressupostos para escolha dos materiais: custo, logística e reaproveitamento de resíduos. Ressaltamos que buscamos soluções práticas, de baixo custo e eficazes para resolver um problema real enfrentado por uma UC brasileira, e ainda que essa solução tenha uma replicação viável em larga escala para o seu uso em demais áreas que enfrentem a mesma problemática.

Cabe salientar que quando há o controle mecânico de espécies lenhosas em grande escala, como é o caso do PEQC, as empresas responsáveis pelo controle costumam triturar as toras em picadores, resultando no acúmulo de “cavacos” de madeira. Portanto, esses resíduos florestais acabam ficando sem destinação e essa realidade fez com que pensássemos em uma forma de reaproveitar esse material.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Testar e validar estratégias que potencializem a sucessão ecológica em áreas de pós-controle de gramíneas exóticas invasoras no Parque Estadual Quarta Colônia, a fim de fornecer subsídios para dar início ao projeto de restauração ecológica na Unidade de Conservação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

• Implementar e avaliar a eficiência de diferentes biomassas no abafamento de gramíneas exóticas invasoras, bem como no favorecimento do restabelecimento da regeneração natural de espécies nativas em áreas de pós-controle;

- Classificar e analisar temporalmente a cobertura do solo;
- Amostrar, classificar e quantificar a produção média de biomassa seca;
- Avaliar a regeneração natural a partir do levantamento da composição florística.

3 HIPÓTESES

- O uso de biomassas é uma estratégia eficiente para o abafamento de gramíneas exóticas invasoras em áreas de pós-controle, evitando reintroduções dessas espécies;
- A partir do abafamento de gramíneas exóticas invasoras há o favorecimento da regeneração natural de espécies nativas em áreas de pós-controle;
- O uso de estratégias de pós-controle potencializam o processo de sucessão ecológica e servem como subsídio para a restauração ecológica em áreas do PEQC.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A INVASÃO BIOLÓGICA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

O processo de invasão biológica é considerado uma das principais causas de degradação dos ecossistemas naturais, sendo considerada a segunda maior ameaça à diversidade biológica em nível global (IUCN, 2000; IPBES, 2019).

Essa ameaça não se restringe apenas aos ecossistemas desprotegidos, a invasão biológica é uma realidade enfrentada também pelas Unidades de Conservação (UCs) (GISP, 2007). Atualmente, a invasão biológica é um desafio enfrentado por praticamente todas as UCs brasileiras (HUMMEL et al., 2014; CEZIMBRA et al., 2021). Há o registro de 125 UCs no Brasil que enfrentam esse problema, sendo identificadas mais de 100 espécies de plantas exóticas invasoras encontradas nessas UCs (SAMPAIO e SCHMIDT, 2013).

A presença da problemática de invasão biológica em UCs tem efeito nocivo em seu principal objetivo: a conservação da biodiversidade. Por tolerarem uma gama maior de condições ambientais e demonstrarem dominância, as espécies exóticas invasoras acabam não encontrando predadores e competidores naturais, competindo com espécies nativas por espaço, nutrientes, dispersores, posicionamento na cadeia trófica (MALLMANN, 2018). Deste modo, uma vez introduzidas, são capazes de superar uma série de estágios e barreiras ambientais para a sua sobrevivência, reprodução e dispersão (BLACKBURN et al., 2011). Estas espécies alteram a composição e estrutura da comunidade, dificultam a regeneração natural de espécies nativas, alteram habitats, funcionalidade e serviços ecossistêmicos (ZILLER, 2000). Além disso, distúrbios causados por espécies exóticas invasoras reduzem a capacidade de resiliência dos ecossistemas ZILLER, 2000).

As UCs são áreas naturais protegidas e instituídas legalmente pelo Poder Público para a conservação da biodiversidade dentro de limites territoriais definidos (art. 2, Lei do SNUC 9.985/00). Logo, o SNUC (2000) determina que haja a remoção de espécies exóticas dessas áreas protegidas (MALLMANN, 2018). Com esse objetivo foi criada a Estratégia Nacional para Espécies Exóticas Invasoras, instituída em 2009, provendo um direcionamento estratégico para a gestão e o manejo de invasões biológicas no Brasil. No estado do Rio Grande do Sul, a Lista de Espécies Exóticas Invasoras do Estado estabelece normas de controle e outras providências quanto à prevenção e erradicação dessas espécies. Além disso, esta lista também dispõe sobre a proibição da introdução e a manutenção de espécies exóticas dentro de Unidades de Conservação (UC) de Proteção Integral. No entanto, não basta apenas

à retirada das espécies invasoras, torna-se necessária a elaboração de estratégias práticas que evitem reintroduções dessas espécies e que potencializem a sucessão ecológica dessas áreas.

4.2 INVASÃO BIOLÓGICA NO PARQUE ESTADUAL QUARTA COLÔNIA

O Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), é uma UC de proteção integral de 1.847 hectares, localizada na região central do RS, que somadas aos esforços do Corredor Ecológico da Quarta Colônia, compõem uma importante estratégia para conservação e proteção dos remanescentes de Mata Atlântica na região. O Corredor Ecológico da Quarta Colônia (CEQC) é um reduto de conservação da biodiversidade, provendo diversos serviços ecossistêmicos, sendo o primeiro corredor ecológico criado no RS (Portaria SEMA n.º 143/2014). Possui 124.947 ha de zona núcleo, estendendo-se de leste a oeste pelo Rebordo do Planalto Meridional e Depressão Central.

O PEQC foi criado como resultado de medida compensatória do licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca (UHDF), sendo que a área disponibilizada abrange a antiga vila dos operários que trabalhavam nos canteiros de obras para construção da Usina. Dessa forma, os fragmentos florestais em início de sucessão são derivados de intensos processos de uso do solo e se apresentam fortemente alteradas, resultando em um ambiente degradado e amplamente contaminado por espécies exóticas invasoras (MALLMANN, 2018).

Estudos realizados anteriormente no âmbito do PEQC confirmam a problemática de invasão biológica (HUMMEL et al., 2014; FELKER et al., 2018; ROVEDDER et al., 2018). Tal situação determina as condições atuais da área da unidade, onde aproximadamente 30%, equivalente a 557,17ha, são classificadas como áreas degradadas e compreendem grande foco de dispersão de espécies exóticas invasoras (PRADO et al., 2015).

Entre as espécies de maior potencial de impacto estão *Tecoma stans* Juss. Ex Kunth (ipê-de-jardim), *Hovenia dulcis* Thunb (uva-do-japão), *Psidium guajava* L. (goiabeira) e *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton que ocupam áreas significativas da unidade. Também, ocorrem manchas em meio aos fragmentos florestais, com predomínio de gramíneas com alto potencial invasor, como *Urochloa* sp. (braquiária) e *Pennisetum purpureum* Schumach (capim-elefante) (MALLMANN, 2018).

A problemática da invasão biológica no PEQC tem sua origem a partir da introdução de espécies exóticas invasoras para uso ornamental e agropecuário pelos moradores da antiga vila dos operários que trabalhavam na construção da UHDF. Quando a vila foi desativada

após a finalização das obras, os indivíduos permaneceram na área e seguiram seu desenvolvimento dispersando propágulos (HUMMEL et al., 2014). Atualmente a matriz circundante ao Parque é predominantemente de produção agrícola (tabaco, milho, aveia e arroz irrigado). Porções da cobertura florestal encontradas no PEQC mantêm-se conservadas nas encostas, porém junto à planície aluvial do rio Jacuí, as matas ciliares encontram-se degradadas (HUMMEL et al., 2014; ROVEDDER et al., 2018).

4.3 CONTROLE DE ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS NO PEQC

Frente ao cenário de invasão biológica encontrado no parque, a direção do PEQC em parceria com a Secretaria Estadual do Meio Ambiente e infraestrutura (SEMA-RS) desenvolveram o Plano “Ações de manejo e controle de plantas exóticas invasoras no Parque Estadual Quarta Colônia”. Em março de 2019 teve início à execução das atividades de manejo e controle das espécies exóticas invasoras descritas no plano nas áreas definidas como prioritárias. Estas áreas apresentam alto potencial de invasão biológica e foram definidas a partir do uso de técnicas de sensoriamento remoto, correspondendo a 120 ha (Figura 1). Para isso, foram aplicados os métodos mecânico e químico combinados em 100% dos indivíduos das espécies invasoras (MALLMANN, 2018).

Figura 1 - Imagem Google Earth Pro da área definida como prioritária para as ações de manejo e controle no Parque Estadual Quarta Colônia.



Fonte: (MALLMANN, 2018).

Referindo-se ao controle das espécies estudadas neste trabalho (*Pennisetum purpureum* e *Urochloa* sp.) o controle se deu a partir do método mecânico de roçada associado ao método

químico (aplicação do herbicida Glifosato). Salienta-se que o princípio ativo é de baixa persistência ambiental e sua degradação no meio se dá em 30 a 45 dias (MALLMANN, 2018).

A escolha do herbicida é fundamentada na eficiência para a espécie e no menor impacto possível a espécies não alvo, levando em consideração o “Plano de Ação para manejo de espécies exóticas invasoras” elaborado por Ziller Planejamento e Consultoria ambiental (2013).

Destacamos algumas considerações e restrições importantes descritas no Plano “Ações de manejo e controle de plantas exóticas invasoras no Parque Estadual Quarta Colônia” (MALLMANN, 2018)

- Foram adotadas técnicas de manejo de impacto reduzido, minimizando o impacto gerado sobre a vegetação nativa e regeneração;
- Houve o manejo de lianas, previamente ao corte, quando necessário;
- Foi realizado o coroamento dos regenerantes nativos, previamente a roçada e aplicação de herbicida em áreas infestadas com gramíneas invasoras;
- A aplicação de herbicidas seguiu todas as instruções, recomendações e precauções informadas pelo fabricante no rotulo e bula do produto;
- Foi obrigatório o uso de EPI's durante as operações de manejo;
- Os profissionais foram previamente capacitados;
- As ações de manejo e controle foram coordenadas e supervisionadas por profissional habilitado durante todo o período da sua execução.

Após essa etapa, o NEPRADE em parceria com a SEMA-RS foi incumbido de elaborar e desenvolver pesquisas relacionadas à restauração ecológica dessas áreas de pós-controle. No entanto, o cenário observado foi de que nas áreas florestais “mais fechadas” a sucessão ecológica estava se manifestando positivamente apenas com o isolamento das áreas (Restauração passiva). Com isso, nas áreas abertas com predomínio de gramíneas exóticas invasoras foi possível observar que a sucessão ecológica não estava se manifestando, devido provavelmente, a essas áreas apresentarem menor diversidade de espécies e baixa resiliência local. Além disso, foi observado um alto percentual de recolonização das gramíneas exóticas invasoras, mesmo após a execução das práticas de controle destas espécies. Com esta situação, foi definida a urgência em iniciar os trabalhos de pesquisa nas áreas abertas com predominância de gramíneas exóticas invasoras. De acordo com Reid et al., (2009) após a

aplicação de ações de controle, algumas áreas podem se tornar espaços e micro habitats suscetível á recolonização da espécie e, ainda, novas plantas exóticas invasoras podem colonizar a área enquanto o processo de recobrimento das nativas é insuficiente.

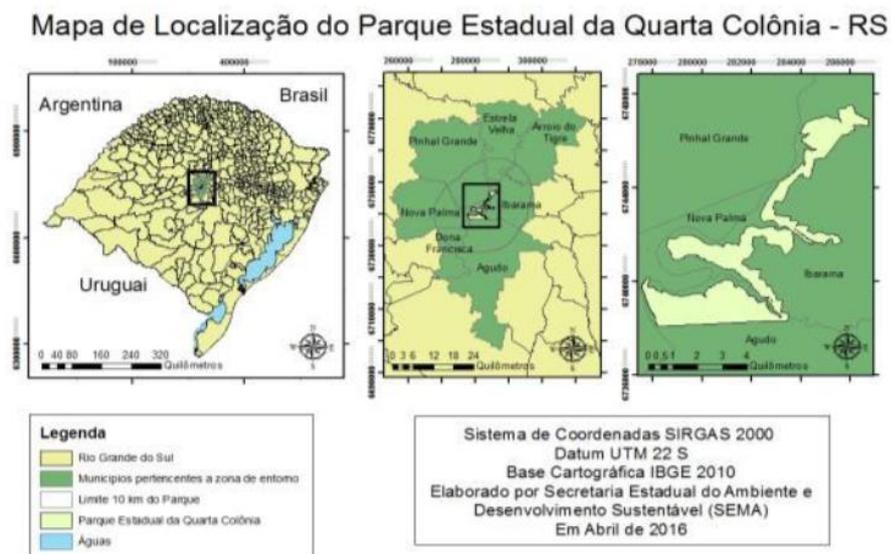
Dentre as gramíneas com elevado potencial invasor presentes no PEQC estão *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster, *Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga (duas espécies de braquiária) e *Pennisetum purpureum* (capim-elefante) (MALLMANN, 2018). Essas espécies de gramíneas africanas foram amplamente utilizadas para a formação de pastagens), sendo capazes de invadir áreas de vegetação natural mesmo que não perturbadas (FOXCROFT et al., 2010).

5 METODOLOGIA GERAL

5.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A presente pesquisa foi desenvolvida no Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), abrangendo os municípios de Agudo e Ibarama, Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 2). O PEQC é protegido por lei na forma de UC de proteção integral, criada no ano de 2005 como resultado de uma medida compensatória do licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca (UHDF). Sua área total abrange 1.847 hectares (SEMA-RS, 2021).

Figura 2 – Localização do Parque Estadual Quarta Colônia



Fonte: (MALLMANN, 2018).

A área pertence ao bioma Mata Atlântica e tem como região fitogeográfica a Floresta Estacional Decidual, contendo trechos de floresta primária e trechos com vegetação secundária em estágios médio a avançado (IBGE, 2012).

Quanto ao tipo de clima, a região é classificada como subtropical úmido – Cfa, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 19,4°C, sendo a temperatura do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio superior a 3°C (ALVARES et al., 2013).

A área está inserida na bacia hidrográfica do Rio Jacuí, localizado entre encostas íngremes com altitudes de até 300 m, em região de transição entre as províncias geomorfológicas do

Planalto Riograndense e da Depressão Central (PIAZZA, 2015). O relevo presente na região é classificado como forte-ondulado a montanhoso, com predomínio de Neossolos Litólicos, Cambissolos e Chernossolos. Já na faixa de planície inundável o relevo é classificado como plano, predominando os Neossolos flúvicos, Gleissolos e Planossolos (STRECK et al., 2008).

O primeiro corredor ecológico reconhecido pelo Governo do Rio Grande do Sul é o Corredor Ecológico da Quarta Colônia e esse abrange a região do PEQC, sendo considerado pela Unesco como uma Área piloto da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (MALLMANN, 2018).

5.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O local onde o experimento foi instalado refere-se a duas áreas de pós-controle de gramíneas exóticas invasoras: O capítulo 1 refere-se a uma área de pós-controle da espécie *Pennisetum purpureum* (Área 1) e o capítulo 2 refere-se a uma área de pós-controle de *Urochloa* sp. (Área 2). Para a instalação dos experimentos, ambas as áreas foram isoladas (2.500 m² cada).

Foi escolhido o delineamento experimental de blocos casualizados. A área foi subdividida em blocos, buscando minimizar a heterogeneidade do local, onde foram demarcados seis blocos ao longo da Área 1 e cinco blocos na Área 2 e testados quatro tratamentos. Para isso, foram demarcadas a partir de sorteio as parcelas permanentes de 25m² cada.

Antes da instalação do experimento, foi realizada a preparação das áreas a partir da realização de roçada mecânica e capina manual nas parcelas, sendo retirados todos os resíduos e vegetação presentes na parcela. Essa ação foi necessária para que fosse possível testar apenas o fator de abafamento dos tratamentos.

Os tratamentos testados foram: Resíduos lenhosos (T1), Cascas de Arroz (T2), Plantio de espécies de cobertura (T3) e Controle (T4).

Os tratamentos foram escolhidos levando em consideração questões referentes ao reaproveitamento de resíduos, custos e logística.

Os Resíduos lenhosos (T1) foram obtidos a partir de toras de madeira das espécies invasoras controladas no Plano de manejo realizado anteriormente. Essas toras foram trituradas no picador, resultando em “cavacos de madeira”. Os resíduos lenhosos foram depositados de forma homogênea em toda a extensão das parcelas de 25m², buscando obter uma camada com espessura de 5cm.

As Cascas de arroz (T2) foram adquiridas com produtores rurais da região, pois existem plantações de arroz no entorno do PEQC, sendo que esse resíduo fica sem uma destinação. Portanto, a escolha desse material ocorreu devido ao fácil acesso e a busca por uma destinação. As cascas de arroz foram depositadas de forma homogênea em cada parcela buscando obter uma camada com espessura de 5cm.

As espécies de cobertura (T3) escolhidas para o plantio foram: Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* CV Comum) e Milheto (*Pennisetum glaucum* CV BRS 1501) para a Área 1 e *Avena strigosa* Schreb para a área 2. Essas foram escolhidas devido à época de plantio e também pelos resultados positivos encontrados em outros trabalhos. O plantio foi realizado a partir de semeadura em linhas.

Por fim, o tratamento Controle (T4) foi instalado para que houvesse a comparação com os demais tratamentos.

Para ambas as Áreas foram realizadas metodologias de coleta e análise de dados para cobertura do solo, quantificação de biomassa seca e levantamento da regeneração natural, detalhadas nos dois capítulos a seguir.

6 CAPÍTULO I – POTENCIALIZANDO A SUCESSÃO ECOLÓGICA EM ÁREA DE PÓS-CONTROLE DE *Pennisetum purpureum* Schumach

RESUMO

Pennisetum purpureum Schumach (capim-elefante) é uma gramínea classificada como espécie exótica invasora no Brasil, sendo que a partir de seu estabelecimento em ambientes naturais, pode haver a estagnação da sucessão ecológica. O Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC) é uma unidade de conservação de proteção integral localizada na região central do RS que sofre com a invasão biológica. No ano de 2019 foi realizado pela direção do PEQC um controle prévio das espécies exóticas invasoras, no entanto mesmo após o fim da execução do controle foram observadas novas investidas das espécies invasoras. Este trabalho teve como objetivo testar diferentes biomassas para o abafamento na de *P. purpureum* e para o favorecimento da regeneração natural de espécies nativas em áreas de pós-controle no PEQC. Foram testados quatro tratamentos, referentes a diferentes tipos de biomassas: Resíduos lenhosos (T1), Cascas de arroz (T2), Espécies de cobertura (T3) e Controle (T4) e aplicadas metodologias para a avaliação da cobertura do solo, quantificação de biomassa e levantamento da regeneração natural. Os dados foram submetidos a ANOVA e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Também foram calculados índices fitossociológicos para o estrato arbustivo-arbóreo. O tratamento mais eficaz foi o T1 “Resíduos lenhosos”. A regeneração natural das espécies nativas está ocorrendo de maneira satisfatória e a maioria das espécies regenerantes são dispersas por animais, dessa forma indicamos que após a implementação da biomassa, seja implementado plantio em núcleos e poleiros artificiais visando potencializar a sucessão ecológica das áreas de pós-controle.

Palavras-chave: Invasão biológica, restauração ecológica, unidades de conservação, biomassa.

ENHANCEMENT OF ECOLOGICAL SUCCESSION IN A POST-CONTROL AREA OF *Pennisetum purpureum* Schumach

ABSTRACT

Pennisetum purpureum Schumach (elephant grass) is a grass classified as an invasive exotic species in Brazil, and from its establishment in natural environments, there may be stagnation of ecological succession. The Quarta Colônia State Park (PEQC) is an integral protection conservation unit located in the central region of RS that suffers from biological invasion. In 2019, the PEQC management carried out a prior control of invasive alien species, however, even after the end of the control, new investitures of invasive species were observed. This work aimed to test different biomasses for the smothering of *P. purpureum* and for favoring the natural regeneration of native species in post-control areas in the PEQC. Four treatments were tested, referring to different types of biomass: Woody residues (T1), Rice husks (T2), Cover species (T3) and Control (T4) and methodologies were applied for the evaluation of soil cover, quantification of biomass and survey of natural regeneration. Data were submitted to ANOVA and treatment means were compared by Tukey's test ($p < 0.05$). Phytosociological indices were also calculated for the shrub-tree stratum. The most effective treatment was T1 "Woody residues". The natural regeneration of native species is occurring satisfactorily and most of the regenerating species are dispersed by animals, so we indicate that after the implementation of the biomass, planting in cores and artificial perches is implemented in order to enhance the ecological succession of the post-construction areas. control.

Keywords: Biological invasion, ecological restoration, conservation units, biomass.

6.1 INTRODUÇÃO

De acordo com a International Union for Conservation of Nature a invasão biológica é considerada a segunda maior causa de perda de diversidade biológica em nível global (IUCN, 2000). Espécies invasoras são aquelas que, uma vez introduzidas a partir de outros ambientes, se adaptam e passam a reproduzir-se a ponto de ocupar o espaço de espécies nativas, produzindo alterações nos processos ecológicos naturais (ZILLER, 2000).

Pennisetum purpureum Schumacher (capim-elefante) é uma espécie pertencente à família Poaceae, originária da África Tropical (BRUNKEN, 1977) e tendo sua introdução no Brasil registrada no estado de São Paulo em 1920 a partir da chegada de mudas provenientes de Cuba (VEIGA et al., 1985). Sua reprodução ocorre por meio de sementes e também por propagação vegetativa. Além disso, a espécie apresenta hábito de crescimento cespitoso (SILVA et al., 2015) e sistema radicular caracterizado pela presença de raízes grossas e de rizomas curtos (PEREIRA et al., 2010).

P. purpureum é classificado como espécie exótica invasora pelo Instituto Hórus (HÓRUS, 2021), no entanto ainda é uma espécie pouco estudada, faltando informações para sua categorização de restrições na Lista de espécies exóticas invasoras do Rio Grande do Sul (SEMA-RS, 2013). Estudos sobre gramíneas exóticas invasoras são escassos, principalmente por essas apresentarem um grande interesse econômico, fazendo com que a maioria das pesquisas sejam voltadas para melhoria e aumento da produtividade das espécies (PIVELLO, 2006). A espécie apresenta introdução intencional como espécie forrageira tendo como principais vetores de introdução a sua dispersão de sementes pelo vento, por animais e até mesmo por veículos (MAAMA, 2021). Devido a essa facilidade de introdução, *P. purpureum*, bem como outras gramíneas exóticas invasoras, vêm se estabelecendo rapidamente em Unidades de Conservação (UCs) pelo Brasil inteiro, modificando drasticamente esses ambientes naturais que deveriam ser conservados (CEZIMBRA et al., 2021). Após o estabelecimento da espécie em ambientes naturais, pode haver a estagnação da sucessão, devido à espécie competir por recursos, dificultando o recrutamento e a regeneração das espécies nativas (COUTINHO et al., 2019; MAAMA, 2021) impactando, principalmente, as primeiras etapas da sucessão ecológica (RESENDE e LELES, 2017).

O Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), é uma unidade de conservação de proteção integral localizada na região central do RS, que somada aos esforços do Corredor Ecológico da Quarta Colônia, compõem uma importante estratégia para conservação e proteção dos remanescentes de Mata Atlântica na região, no entanto o parque sofre com a problemática da

invasão biológica, sendo uma das espécies exóticas invasoras *Pennisetum purpureum*. Buscando solucionar esse problema, em 2019 foi realizado o controle mecânico-químico das espécies exóticas invasoras pela direção do PEQC (MALLMANN, 2018), porém mesmo após o fim da execução das atividades de controle foram observadas reintroduções de *P. purpureum*.

Frente a esse cenário, torna-se crucial o desenvolvimento de pesquisas que busquem o entendimento do comportamento das espécies exóticas invasoras após a execução de ações de manejo e controle, bem como do comportamento da sucessão ecológica nessas áreas. Para isso, o presente trabalho testou diferentes biomassas, buscando o abafamento de *P. purpureum* e o favorecimento da regeneração natural das espécies nativas, a fim de indicar a estratégia mais eficaz para iniciar o processo de restauração ecológica do local.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 Caracterização da área de estudo

O local de estudo fica no interior da Unidade de Conservação de proteção integral “Parque Estadual Quarta Colônia” (PEQC), localizada na região central do Rio Grande do Sul, Brasil, ocupando 1.847 hectares no Bioma Mata Atlântica (SEMA-RS, 2021).

A região fitogeográfica é classificada como Floresta Estacional Decidual, contendo trechos de floresta primária e trechos com vegetação secundária em estágio médio a avançado (IBGE, 2012) e o tipo de clima é classificado como subtropical úmido – Cfa, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 19,4°C (ALVARES et al., 2013).

Cabe salientar que os fragmentos florestais em início de sucessão presentes no PEQC são derivados de intensos processos de uso do solo e se apresentam fortemente alterados, resultando em um ambiente degradado e amplamente contaminado por espécies exóticas invasoras (MALLMANN, 2018). Dessa forma, as condições atuais da Unidade de Conservação apresentam aproximadamente 30%, do seu território classificado como áreas degradadas e compreendem grande foco de dispersão de espécies exóticas invasoras (PRADO et al., 2015). No mês de março de 2019 foi realizado um controle prévio das espécies exóticas invasoras pela direção do PEQC, a partir da aplicação dos métodos mecânico e químico combinados (MALLMANN, 2018). No entanto, mesmo após o controle foi observado novas investidas de colonização da espécie.

Dessa forma, o local onde o experimento foi instalado refere-se a uma área de pós-controle de *P. purpureum* e em dezembro de 2019 foi realizado o isolamento de 2.500 m² área, seguida pela instalação do presente experimento.

6.2.2 Caracterização do experimento

Para a realização do experimento foi escolhido o delineamento experimental de blocos casualizados. A área foi subdividida em blocos, buscando minimizar a heterogeneidade do local, onde foram demarcados seis blocos ao longo da área e testados quatro tratamentos (6x4). Para isso, foram demarcadas a partir de sorteio 24 parcelas permanentes de 25m² cada.

Antes da instalação do experimento, foi realizada a preparação da área a partir da realização de roçada mecânica e capina manual nas 24 parcelas, sendo retirados todos os resíduos e vegetação presentes na parcela. Essa ação foi necessária para que fosse possível testar apenas o fator de abafamento dos tratamentos.

Os tratamentos testados foram: Resíduos lenhosos (T1), Cascas de Arroz (T2), Plantio de espécies de cobertura (T3) e Controle (T4).

6.2.3 Caracterização dos tratamentos

Os tratamentos foram escolhidos levando em consideração questões referentes ao reaproveitamento de resíduos, custos e logística.

Os Resíduos lenhosos (T1) foram obtidos a partir de toras de madeira das espécies invasoras controladas no Plano de manejo realizado anteriormente. Essas toras foram trituradas no picador, resultando em “cavacos de madeira”. Os resíduos lenhosos foram depositados de forma homogênea em toda a extensão das parcelas de 25m², buscando obter uma camada com espessura de 5cm.

As Cascas de arroz (T2) foram adquiridas com produtores rurais da região, pois existem plantações de arroz no entorno do PEQC, sendo que esse resíduo fica sem uma destinação. Portanto, a escolha desse material ocorreu devido ao fácil acesso e a busca por uma destinação. As cascas de arroz foram depositadas de forma homogênea em cada parcela buscando obter uma camada com espessura de 5cm.

As espécies de cobertura (T3) escolhidas para o plantio foram: Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* CV Comum) e Milheto (*Pennisetum glaucum* CV BRS 1501). Essas foram escolhidas devido à época de plantio e também pelos resultados positivos encontrados em outros trabalhos. O plantio foi realizado a partir de semeadura em linhas, com densidade de 40 Kg/ha para o milheto e de 100 Kg/ha para o feijão-de-porco.

Por fim, o tratamento Controle (T4) foi instalado para que houvesse a comparação com os demais tratamentos.

6.2.4 Coleta dos dados

6.2.4.1 Cobertura do solo

A cobertura do solo foi avaliada ao longo do tempo a partir da demarcação de subparcelas permanentes de 1m x 1m no interior das parcelas de 25m². As avaliações aconteceram após 1, 3 e 12 meses da instalação do experimento.

Para essa avaliação foi utilizada a escala de abundância de cobertura, sendo utilizada como critério uma escala visual em porcentagem correspondente à superfície coberta projetada sobre o solo, sendo que a análise visual foi realizada por um único observador durante todo o monitoramento (Brancaion et al., 2015). A partir da adaptação de metodologia proposta por Brancaion et al. (2015) foram analisados diferentes tipos de cobertura do solo:

- Porcentagem de Capim-elefante;
- Porcentagem de Solo exposto;
- Porcentagem de Miscelânea (toda vegetação regenerante, excluindo o capim elefante);
- Porcentagem do Material de abafamento (diferentes tratamentos) cobrindo o solo.

6.2.4.2 Quantificação de biomassa

Visando compreender o comportamento da gramínea exótica invasora, do restante da vegetação regenerante e o efeito dos tratamentos utilizados (materiais de abafamento) ao longo do tempo, realizamos coletas de amostras de biomassa após 1, 3, e 12 meses da instalação do experimento.

A coleta das amostras de biomassa seguiu a metodologia da “Técnica do quadrado”. O procedimento de coleta se deu a partir do lançamento aleatório de uma moldura de madeira de 0,25m² em cada parcela. No local onde a moldura caía coletávamos todo material presente acima do solo (materiais de abafamento e vegetação).

O material coletado foi levado ao Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (NEPRADE – UFSM), onde foi realizada a triagem. Cada amostra foi analisada visualmente e dividida de acordo com a classificação:

- Capim-elefante: gramínea exótica invasora;
- Miscelânea: refere-se ao restante da vegetação coletada descontando o capim-elefante
- Material de abafamento: refere-se às biomassas utilizadas em cada tratamento.

Após a triagem as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e levadas para secagem em estufa de ventilação forçada regulada a 65-70 °C por 72 horas até atingirem peso constante. Após esse processo todas as amostras foram pesadas.

6.2.4.3 Regeneração natural

Para a avaliação da regeneração natural, foram demarcadas subparcelas permanentes de 2x2m no centro das 24 parcelas de 25m². Tornou-se necessário a delimitação dessas parcelas centrais, pois a metodologia de amostragem de biomassa é destrutiva e se não houvesse essa delimitação poderia haver influências na avaliação da dinâmica da regeneração natural.

Após 12 meses da instalação do experimento, todos os indivíduos arbustivo-arbóreos vivos com altura igual ou superior a 20 cm, bem como todos indivíduos de *P. purpurem* vivos foram contados e identificados. A identificação botânica foi realizada em campo seguindo a classificação Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016) e a confirmação dos nomes das espécies por meio do herbário virtual Flora do Brasil (REFLORA 2020). Além de, consulta em bibliografia especializada, verificação em herbários e com especialistas.

As espécies foram classificadas quanto: origem (exóticas ou nativas), hábito de vida (arbusto ou árvore) baseada no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012), classe sucessional adaptado de Budowski (pioneira, secundária inicial e secundária tardia) e

síndrome de dispersão (anemocórica, zoocórica ou autocórica) de acordo com Van Der Pijl (1982).

6.2.5 Análise dos dados

Primeiramente os dados de biomassa amostrados em g/m² foram extrapolados para Kg/ha e organizados no software Microsoft Excel®. Os dados de cobertura do solo e de regeneração natural, também foram organizados no mesmo software.

Os dados de cobertura do solo, biomassa, bem como os dados de abundância e riqueza da regeneração natural foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade ($p > 0,05$) e Levene para a homogeneidade de variância ($p > 0,05$). Quando os pressupostos não foram atendidos, os dados foram transformados ($\ln + 1$). Em seguida foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Densidade relativa (DR), frequência absoluta (FA) e frequência relativa (FR) foram calculados para avaliação da composição de espécies da regeneração natural nos tratamentos utilizados (MUELLER-DOMBOIS e ELLENBERG, 1974).

Todas as análises estatísticas foram processadas no R (versão 3.6.1).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 Cobertura do solo

Na avaliação da cobertura do solo, considerando as quatro variáveis analisadas, apenas Miscelânea não apresentou diferença significativa no segundo período de monitoramento (3 meses). Para as demais variáveis a ANOVA demonstrou diferença significativa em todos os períodos analisados (Tabela 1).

Tabela 1 – Médias das variáveis de cobertura do solo, com 1, 3 e 12 meses em área de pós-controle de *Pennisetum purpureum* Schumach no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

Cobertura do solo (%)	Anova (p-valor)*	Teste de Tukey**			
		T1	T2	T3	T4
1 mês					
Capim-elefante	<0,0001	2,5c	7,5b	0d	20,83a
Miscelânea	0,0441	8,33a	8,33 ^a	0,83b	9,17a
Solo exposto	<0,0001	0,83d	8,33c	40b	86,67a
Material de abafamento	<0,0001	94,17a	93,33b	56,67c	-
3 meses					
Capim-elefante	<0,0001	6,67c	24,17b	0d	35,83a
Miscelânea	0,0727	29,17	27,5	21,67	14,17
Solo exposto	<0,0001	5,83d	11,67c	18,33c	42,5a
Material de abafamento	0,0263	86,67 ^a	77,5b	70,83c	-
12 meses					
Capim-elefante	<0,0001	12,5c	46,67b	3,33d	66,67a
Miscelânea	0,0048	45 ^a	36,67b	18,33d	26,67c
Solo exposto	<0,0001	11,67d	25b	18,33c	42,5a
Material de abafamento	<0,0001	80b	65,83c	96,67 ^a	-

* Valores de $p < 0,05$ diferem entre si pela análise de variância (ANOVA).

** Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Cascas de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle

Após 12 meses da instalação do experimento, foi possível constatar que o tratamento Controle (T4) foi o que obteve maior percentual de cobertura do solo pela gramínea exótica invasora (66,7%), evidenciando que o uso de biomassas como estratégias de pós-controle foi eficiente no abafamento de *Pennisetum purpureum*. Em seguida o tratamento Cascas de arroz (T2) foi o que obteve maior percentual de cobertura do solo pela gramínea exótica invasora (46,7%), sendo que esse elevado valor diferencia-se estatisticamente dos demais tratamentos T1 (12,5%) e T3 (3,33%), demonstrando que a casca de arroz não foi adequada para o objetivo.

Silveira et al., (2016) ao analisarem a cobertura do solo por gramíneas exóticas invasoras em área de pós-controle químico e mecânico no Cerrado, observaram um percentual médio de 12,8% de cobertura no período de apenas 100 dias, sem o uso de estratégias de abafamento. Quando comparamos o resultado obtido pelos mesmos autores ao resultado encontrado no presente trabalho, em um período semelhante de avaliação (90 dias), observamos valores

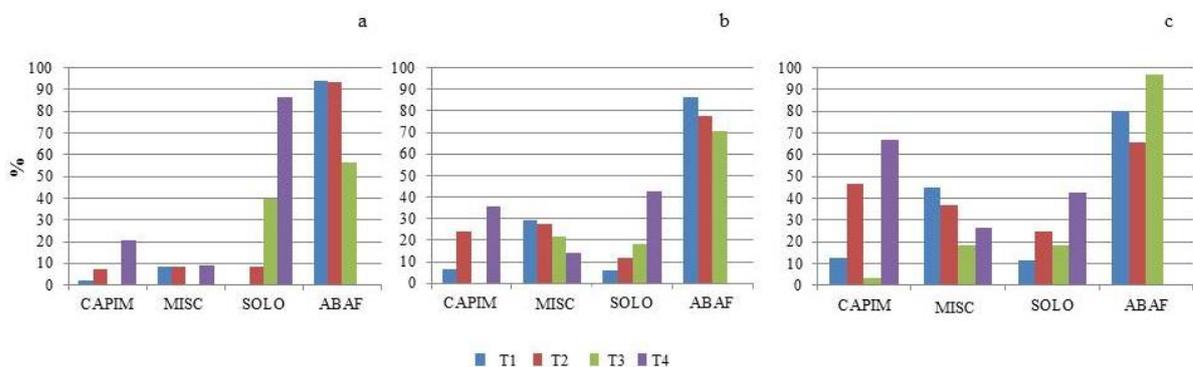
inferiores da média de cobertura do solo da gramínea exótica invasora: 6,66% na estratégia de Resíduos lenhosos (T1) e de 0% na estratégia de Plantas de cobertura (T3). Dessa forma, fica evidente a importância da validação e implementação de estratégias de abafamento de gramíneas exóticas invasoras em áreas de pós-controle.

Considerando o percentual de cobertura do solo por Miscelânea (restante da vegetação, descartando capim-elefante), após 12 meses da instalação do experimento, o tratamento de Resíduos lenhosos (T1) foi o que obteve maior valor (45%), em contrapartida o Tratamento de Espécies de cobertura (T3), mesmo sendo o melhor tratamento para abafar a gramínea invasora, apresentou o menor percentual de cobertura por miscelânea (18,33%).

Por fim, ao compararmos os três tipos de materiais de abafamento utilizados, foi possível observar que o comportamento deles no recobrimento do solo ao longo do tempo ocorreu de maneira distinta, como era o esperado (Figura 3a, 3b e 3c). Enquanto Resíduos lenhosos (T1) e Cascas de arroz (T2) apresentaram redução da cobertura do solo de 14,17% e 27,5%, respectivamente, o tratamento de Plantas de cobertura (T3) apresentou um aumento de 40% da cobertura do solo ao longo de 11 meses.

O percentual de solo exposto, em todos os tratamentos evidencia potencial de permanência residual dos tipos de biomassas testados.

Figura 3 – Representação gráfica das porcentagens médias das variáveis de cobertura do solo ao longo do tempo em área de pós-controle de *Pennisetum purpureum* Shum no Parque Estadual Quarta Colônia, RS: a) período de avaliação 1 mês; b) período de avaliação 3 meses; c) período de avaliação 12 meses.



Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Cascas de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle, CAPIM= porcentagem média de cobertura do solo por *Pennisetum purpureum*, MISC= porcentagem média de cobertura do solo por miscelânea (vegetação regenerante descartando capim-elefante), SOLO= porcentagem média de solo exposto e ABAF= porcentagem média do material de abafamento.

A partir dessa rápida análise é possível compreender que o Tratamento mais eficaz no abafamento da gramínea exótica invasora (T3) foi também o menos eficaz no favorecimento da regeneração do restante da vegetação (miscelânea). Essa evidência não corrobora com informações encontradas no trabalho de Machado et al. (2012) que comprovaram que a porcentagem média de cobertura de gramíneas exóticas invasoras é inversamente proporcional a porcentagem de cobertura de espécies nativas regenerantes em áreas de pós-controle no Cerrado. No entanto, os autores não utilizaram estratégias de abafamento, em contrapartida, no presente trabalho o uso da biomassa de Plantas de cobertura (T3) favoreceu tanto o abafamento da gramínea exótica invasora, quanto o abafamento da regeneração do restante da vegetação.

Ainda sobre a porcentagem de cobertura do solo por miscelânea, destacamos que o tratamento Resíduos Lenhosos é eficaz para o surgimento de novas formas de vida na área. No entanto, é importante identificar quais espécies compõem a categoria miscelânea e se essas são representativas para a sucessão ecológica do local. De toda forma, já podemos inferir que essas outras formas de vida colaboram com o efeito desejado de reduzir a reintrodução do capim-elefante ao exercerem pressão de habitat. A biomassa do T1 acabou criando certa rugosidade, reter umidade e conseqüentemente criando um micro-habitat favorável à germinação de outras espécies na área de pós-controle de capim-elefante.

6.3.2 Quantificação da biomassa

A partir da análise dos dados foi possível constatar estatisticamente diferenças altamente significativas entre os tratamentos na produção média de biomassa seca para todas as variáveis analisadas nos distintos períodos. De acordo com o teste de Tukey, todos os tratamentos (T1, T2 e T3) diferiram significativamente do tratamento controle (T4) e também diferiram entre si em todas as variáveis analisadas (Tabela 2).

Tabela 2 – Médias das variáveis da quantificação de biomassa seca, com 1, 3 e 12 meses em área de pós-controle de *Pennisetum purpureum* Schumach no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

Biomassa seca (Kg/ha)	Anova (p- valor)*	Teste de Tukey**			
		T1	T2	T3	T4
1 mês					
Capim-elefante	0,0066	34,6667c	514,6667b	0d	898,6667a
Miscelânea	0,0023	519,4667 ^a	85,3333d	112,9b	90,1333c
Material de abafamento	<0,0001	57002,67 ^a	36573,07b	3072,8c	-
3 meses					
Capim-elefante	<0,0001	61,3333c	1612b	0d	9781,333a
Miscelânea	0,001	1234,933 ^a	261,0667d	340b	323,7333c
Material de abafamento	<0,0001	44071,47 ^a	28993,6b	11134,4c	-
12 meses					
Capim-elefante	0,0027	87,4667c	4616,533b	36,9333d	11100,93a
Miscelânea	<0,0001	5536,8 ^a	492,8d	642,1333c	1195,467b
Material de abafamento	<0,0001	31748,27 ^a	20061,87b	12671,73c	-

* Valores de $p < 0,05$ diferem entre si pela análise de variância (ANOVA).

** Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Cascas de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle.

Dentre os tratamentos testados, o Controle (T4) foi o que obteve maior produção média de biomassa de capim-elefante de 11.100,93 Kg/ha ao longo de 12 meses, seguido pelo tratamento de Cascas de arroz (T2) que também obteve elevado valor médio de 4.616,533 Kg/ha.

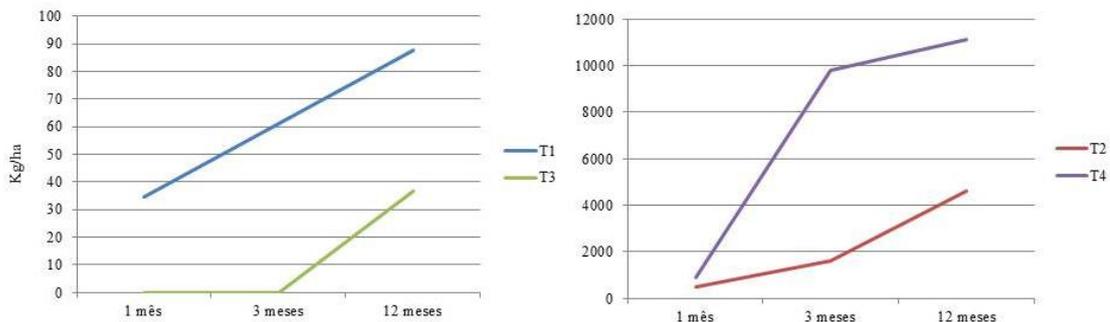
Por outro lado, referindo-se ao mesmo período de tempo (12 meses), o tratamento de Espécies de cobertura (T3) obteve a menor produção de capim-elefante com média de 36,93 Kg/ha. No entanto, o tratamento que apresentou melhores resultados tanto na produção média de biomassa de miscelânea (5536,8 Kg/ha), quanto na média de biomassa de material de abafamento foi o Tratamento de Resíduos lenhosos (T1), demonstrando favorecer a regeneração natural de outras formas de vida e resistindo no recobrimento do solo por mais tempo quando comparado aos outros tratamentos.

O Tratamento de Plantio de espécies de cobertura (T3) apresentou resultados surpreendentemente positivos no abafamento do capim-elefante nos três períodos

monitorados, no entanto o tratamento não favoreceu a regeneração das demais espécies, comprovado pelos baixos valores encontrados na produção média de miscelânea.

A Figura 4 demonstra o comportamento temporal de produção média de biomassa de capim-elefante nos diferentes tratamentos testados.

Figura 4 – Representação gráfica da produção média de biomassa seca de *Pennisetum purpureum* Shum ao longo do tempo em área de pós-controle no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.



Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Cascas de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle.

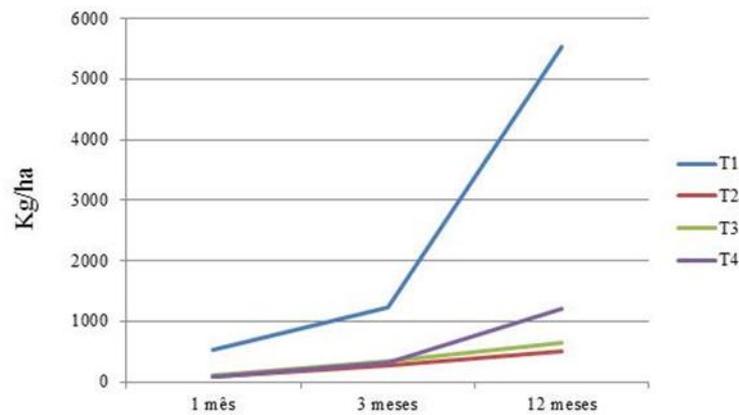
Ao observar a Figura 4, percebe-se que durante os dois primeiros períodos de avaliação a biomassa média de capim-elefante produzida no T3 foi nula, no entanto após esse período ela começou a se expressar, demonstrando que as Espécies de cobertura abafam efetivamente a gramínea exótica invasora logo após o plantio. Em contrapartida, o Tratamento controle, apresentou elevados valores desde o primeiro período de monitoramento, comprovando que o uso de biomassas para o abafamento de capim-elefante em áreas de pós-controle torna-se uma estratégia eficaz.

Barbosa (2009), também encontrou diferenças significativas na produção média de biomassa de gramíneas exóticas invasoras quando comparada estratégias de abafamento e tratamento controle. Neste estudo foram testadas as estratégias de abafamento com diferentes tipos de lonas em áreas no Cerrado Paulista. Vale salientar que neste estudo não houve a realização de um controle químico-mecânico prévio. O autor encontrou valores de 13,86g/m² de biomassa média de gramíneas exóticas invasoras produzida após 12 meses, enquanto no tratamento controle a produção média de gramíneas exóticas invasoras foi de 333,77g/m². Ainda de acordo com o mesmo autor, não houve diferenças significativas na produção média

de biomassa de vegetação nativa entre o tratamento de abafamento e o tratamento controle, diferindo dos resultados encontrados no presente trabalho, demonstrando a importância da realização do controle químico-mecânico prévio.

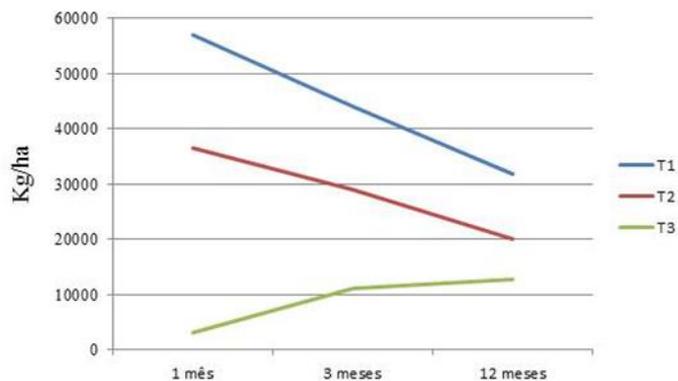
A Figura 5 refere-se ao favorecimento da regeneração natural das demais espécies (miscelânea) ao longo do tempo a partir do uso das diferentes estratégias de biomassa testadas. Da mesma forma, a Figura 6 apresenta os valores de biomassa dos diferentes tipos de material de abafamento instalados no experimento.

Figura 5 – Representação gráfica da produção média de biomassa seca de “miscelânea” ao longo do tempo em área de pós-controle de *Pennisetum purpureum* Shum no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.



Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Casca de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle.

Figura 6 – Representação gráfica da produção média de biomassa seca dos “materiais de abafamento” ao longo do tempo em área de pós-controle de *Pennisetum purpureum* Shum no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.



Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Casca de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle.

O uso de materiais de abafamento para o controle de espécies exóticas invasoras é considerado uma estratégia eficiente, dependendo da espécie em questão, pois serve como barreira a entrada de luz, alterando a temperatura e umidade, agindo como barreira física à germinação de plântulas da espécie invasora. Por outro lado, quando utilizado a estratégia de biomassas para a realização do abafamento, essa não é considerada prejudicial às espécies nativas, pois com o passar do tempo há a decomposição do material e fornecimento de nutrientes e matéria orgânica, auxiliando no retorno da sucessão ecológica dessas áreas em longo prazo (BARBOSA, 2009).

Ao utilizarmos a metodologia de análise de cobertura do solo e de quantificação da biomassa levamos em consideração menores custos e maior facilidade de implementação desses indicadores (ARAÚJO et al., 2022). Dessa forma, dependendo da realidade da área, esses podem ser utilizados para analisar o cenário de invasão biológica de gramíneas exóticas invasoras, tanto em Unidades de Conservação, quanto nas demais áreas que sofram com essa problemática. Esses indicadores são de fácil reconhecimento e mensuração, sendo possível serem amostrados por qualquer pessoa com um treinamento simples de forma rápida e direta (DURIGAN et al., 2016).

A estimativa de cobertura do solo, bem como a quantificação da biomassa, podem servir para aferir sobre o sucesso da regeneração de outras formas de vida, bem como para analisar o avanço da invasão biológica nas diferentes estratégias de controle e de pós-controle adotadas, tornando-se possível analisar a trajetória do projeto implementado e, se necessário, indicar ações complementares (LIMA et al., 2020).

Ao analisarmos apenas a cobertura do solo e a quantificação de biomassas podemos concluir que o Tratamento de Resíduos Lenhosos é o mais indicado para cumprir o objetivo deste trabalho, levando em consideração seu desempenho positivo em favorecer a regeneração de outras formas de vida e em abafar o capim-elefante em área de pós-controle. No entanto, apenas com essas metodologias não podemos identificar quais espécies fazem parte da categoria “miscelânea”, dessa forma o levantamento e identificação da regeneração natural vêm como metodologia complementar para o entendimento de quantas e quais espécies estão sendo favorecidas com a implementação das diferentes estratégias de pós-controle.

6.3.3 Regeneração natural

Após 12 meses da instalação do experimento, foram amostrados 141 indivíduos arbustivo-arbóreos regenerantes, distribuídos em 17 espécies e pertencentes a 10 famílias botânicas. Além disso, foram amostrados 42 indivíduos de capim-elefante nos distintos tratamentos.

Analisando as variáveis amostradas na regeneração natural, apenas abundância de capim-elefante e abundancia de indivíduos arbustivo-arbóreos nativos apresentaram diferença significativa quando analisados estatisticamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Médias das variáveis analisadas na regeneração natural em área de pós-controle de *Pennisetum purpureum* Schumach no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

Variáveis de REG	Anova (p-valor)*	Teste de Tukey**			
		T1	T2	T3	T4
Nº Famílias	0,455	2,5	1,6667	2,5	1,1667
Riqueza de Espécies arbustivo-arbóreas	0,1033	3,5	2,16	2,8333	1,5
Abundância de Indivíduos arbustivo-arbóreos	0,135	8,8333	4	5,6667	5
Abundância de Indivíduos Nativos arbustivo- arbóreos	0,0486	7,8333a	3b	3b	2,1667b
Abundância de Indivíduos Exóticos arbustivo- arbóreos	0,777	1	1	3,1667	2,8333
Abundância de capim- elefante	<0,0001	0,5c	2,1667b	0,1667c	4,5a

* Valores de $p < 0,05$ diferem entre si pela análise de variância (ANOVA).

** Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Cascas de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle.

O tratamento que apresentou maiores médias de abundância de capim-elefante foi o Controle (T4) com valor de 4,5 seguido pelo Tratamento Cascas de arroz (T2) com 2,17. Essa análise corrobora com os resultados encontrados na análise dos dois indicadores anteriores (cobertura do solo e quantificação de biomassa). Seguindo a mesma linha dos indicadores anteriores, levando em consideração a abundância de indivíduos de capim elefante, os tratamentos que apresentaram menores médias foram os Tratamento Resíduos lenhosos (T1) e Espécies de cobertura (T3) com valor de 0,5 e 0,17, respectivamente. No entanto, quando analisamos a abundância de indivíduos arbustivo-arbóreos nativos, o T1 destaca-se por apresentar maior média de 7,83 diferindo dos demais tratamentos.

A partir dessa análise estatística foi possível constatar que o T1, além de ser eficiente no abafamento dos indivíduos de capim-elefante, também foi o mais eficaz no favorecimento da regeneração natural de indivíduos arbustivo-arbóreos nativos. As espécies arbustivo-arbóreas amostradas e identificadas na regeneração natural em cada tratamento estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4 - Ocorrência de espécies regenerantes arbustivo-arbóreas amostradas por famílias botânicas e classificadas quanto a suas estratégias ecológicas em área de pós-controle de *Pennisetum purpureum* Schumach no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

Família/espécie	T1	T2	T3	T4	O	HV	CS	SD
ANACARDIACEAE								
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	2	0	0	0	N	A	P	Zoo
ASTERACEAE								
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC	1	0	1	0	N	Ar	P	Ane
<i>Baccharis spicata</i> (Lam.) Baill.	3	1	2	2	N	Ar	P	Ane
<i>Chromolaena laevigata</i> (Lam.) R.M.King & H.Rob.	0	0	2	0	N	Ar	P	Ane
<i>Vernonanthura tweediana</i> (Baker) H.Rob.	2	0	3	3	N	Ar	P	Ane
CANNABACEAE								
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	2	1	1	0	N	A	P	Zoo
ERYTHROXYLACEAE								
<i>Erythroxylum myrsinites</i> Mart.	1	0	2	0	N	A	St	Zoo
EUPHORBIACEAE								
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	0	1	1	0	N	A	P	Zoo
MALVACEAE								
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	1	0	0	0	N	A	Si	Ane
MORACEAE								
<i>Morus nigra</i> L.	0	1	0	0	E	A	Ind	Zoo
MYRTACEAE								
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1	0	0	1	N	A	Si	Zoo
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	2	0	1	2	N	A	Si	Zoo
<i>Psidium guajava</i> L.	6	5	19	15	E	A	P	Zoo
SAPINDACEAE								
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. Et al.) Hieron. Ex Niederl.	2	0	0	0	N	A	Si	Zoo
SOLANACEAE								
<i>Solanum aculeatissimum</i> Jacq.	1	0	0	0	N	Ar	P	Zoo
<i>Solanum guaraniticum</i> A.St.-Hil.	1	1	0	0	N	Ar	P	Zoo
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	31	14	2	4	N	A	P	Zoo

Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos; T2= Tratamento Cascas de arroz; T3 = Tratamento Espécies de cobertura; T4 = Tratamento Controle; O = origem (N = nativa e E = exótica); HV = hábito de vida (Arb = arbustiva e A = arbórea); CS = classe sucessional (Pi = pioneira, Si = secundária inicial, St = secundária tardia, Ind= Indeterminada); SD = síndrome de dispersão (Zoo = zoocórica, Anemo = anemocórica).

As famílias que apresentaram maior riqueza de espécies foram: Asteraceae (4), Solanaceae (3) e Myrtaceae (3). As demais apresentaram apenas uma espécie por família.

Dentre as 17 espécies amostradas, 15 foram classificadas como nativas (88,24%) e duas como exóticas (11,76%). Referindo-se ao hábito de vida, 11 foram classificadas como Arbóreas (64,7%) e seis como arbustivas (35,3%). Na classificação de síndrome de dispersão, 12 apresentam síndrome de dispersão zoocórica (70,6%), enquanto cinco espécies apresentam síndrome de dispersão anemocórica (29,4%). E de acordo com o grupo sucessional, foram classificadas: 11 Pioneiras (64,7%), quatro como secundárias iniciais (23,5%), uma secundária tardia (5,9%), e uma indeterminada (5,9%).

A predominância de espécies pioneiras já era esperada, devido ao fato dessas espécies serem dependentes de luz para realizarem seus processos fisiológicos (CHAZDON et al., 2016) e o local do experimento refere-se a uma grande área aberta. A presença dessas espécies pode indicar que a área possui resiliência em se recuperar após certos distúrbios (CAMARGOS, et al., 2013). No estudo de Rovedder et al. (2018), onde analisou a regeneração natural em áreas do PEQC, antes da realização de ações de controle e de pós-controle, também foi encontrada predominância de pioneiras e os autores concluíram que estas espécies apresentam grande importância para o gatilho ecológico da sucessão ecológica na Unidade de Conservação que se encontra, em parte, dominada por focos de espécies exóticas invasoras.

A predominância de espécies zoocóricas pode indicar que a regeneração natural tem maior potencial de se desenvolver na área, devido à manutenção da relação animal-planta (CANDIANI, 2016). Áreas que apresentam uma sucessão ecológica equilibrada, também apresentam o predomínio de espécies zoocóricas (URIARTE et al., 2011). A implementação de plantio em núcleos, priorizando espécies chaves que sejam atrativas à fauna, juntamente com a instalação de poleiros artificiais torna-se uma estratégia recomendada para potencializar a sucessão ecológica levando em consideração essa realidade encontrada na área. Espécies que são atrativas a fauna são as mais recomendadas para projetos de restauração, pois aves e morcegos utilizam estas espécies como poleiros e fonte de alimentos. Além disso, a fauna desloca-se a grandes distâncias, espalhando as sementes de outros fragmentos e as dispersando na ilha e nas áreas ao redor, auxiliando o processo de sucessão secundária do local (MARTINS et al., 2015). Além disso, o uso de poleiros artificiais irá potencializar à chegada de novos propágulos de espécies vegetais, incrementando a chuva natural de sementes, facilitando a expressão do processo restaurativo (TOMAZZI e CASTELLANI, 2016).

No estudo de Ogden e Rejmanek (2005) em que avaliaram a sucessão ecológica em área de pós-controle de herbáceas exóticas invasoras, os autores afirmaram que após o controle das espécies invasoras, houve a regeneração e recolonização da área por espécies lenhosas nativas, porém de forma lenta. Então podemos afirmar que a sucessão das espécies arbustivo-arbóreas está ocorrendo de maneira satisfatória levando em consideração o histórico de degradação do local e devido a maioria das espécies regenerantes serem dispersas por animais, auxiliando no retorno dos processos ecológicos na área.

Nas tabelas 5, 6, 7 e 8 são apresentados os parâmetros fitossociológicos calculados para cada tratamento.

Tabela 5 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbustivo-arbóreo amostradas na regeneração natural para o Tratamento Resíduos Lenhosos (T1) em área de pós-controle de *Pennisetum purpureum* Schumach no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

Espécie	Nº Ind.	DR	FA	FR
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	31	56,4	66,7	19,1
<i>Psidium guajava</i> L.	6	10,9	50	14,3
<i>Baccharis spicata</i> (Lam.) Baill.	3	5,5	16,7	4,8
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	2	3,6	33,3	9,5
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	2	3,6	16,7	4,8
<i>Vernonanthura tweediana</i> (Baker) H.Rob.	2	3,6	33,3	9,5
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	2	3,6	16,7	4,8
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. Et al.) Hieron. Ex Niederl.	2	3,6	33,3	9,5
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	1	1,8	16,7	4,8
<i>Erythroxylum myrsinites</i> Mart.	1	1,8	16,7	4,8
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	1	1,8	16,7	4,8
<i>Solanum aculeatissimum</i> Jacq.	1	1,8	16,7	4,8
<i>Solanum guaraniticum</i> A.St.-Hil.	1	1,8	16,7	4,8
Total	55	100	350	100

Onde: Nº Ind = número de indivíduos amostrados; DR = densidade relativa (%); FA= Frequência absoluta; FR = frequência relativa (%).

Tabela 6 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbustivo-arbóreo amostradas na regeneração natural para o Tratamento Cascas de arroz (T2) em área de pós-controle de *Pennisetum purpureum* Schumach no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

Espécie	Nº Ind.	DR	FA	FR
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	14	56	50	27,3
<i>Psidium guajava</i> L.	5	20	33,3	18,2
<i>Baccharis spicata</i> (Lam.) Baill.	1	4	16,7	9,1
<i>Trema micranta</i> (L.) Blume	1	4	16,7	9,1
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	1	4	16,7	9,1
<i>Morus Nigra</i> L.	1	4	16,7	9,1
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1	4	16,7	9,1
<i>Solanum guaraniticum</i> A.St.-Hil.	1	4	16,7	9,1
Total	25	100	183,3	100

Onde: Nº Ind = número de indivíduos amostrados; DR = densidade relativa (%); FA= Frequência absoluta; FR = frequência relativa (%).

Tabela 7 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbustivo-arbóreo amostradas na regeneração natural para o Tratamento Espécies de cobertura (T3) em área de pós-controle de *Pennisetum purpureum* Schumach no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

(continua)

Espécie	Nº Ind.	DR	FA	FR
<i>Psidium guajava</i> L.	19	55,9	66,7	25
<i>Vernonanthura tweediana</i> (Baker) H.Rob.	3	8,8	33,3	12,5
<i>Baccharis spicata</i> (Lam.) Baill.	2	5,9	33,3	12,5
<i>Chromolaena laevigata</i> (Lam.) R.M.King & H.Rob.	2	5,9	16,7	6,2
<i>Erythroxylum myrsinites</i> Mart.	2	5,9	33,3	12,5
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	2	5,9	16,7	6,2

Tabela 7 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbustivo-arbóreo amostradas na regeneração natural para o Tratamento Espécies de cobertura (T3) em área de pós-controle de *Pennisetum purpureum* Schumach no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

(conclusão)

Espécie	N° Ind.	DR	FA	FR
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC	1	2,9	16,7	6,2
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	1	2,9	16,7	6,2
<i>Trema micranta</i> (L.) Blume	1	2,9	16,7	6,2
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	1	2,9	16,7	6,2
Total	34	100	266,7	100

Onde: N° Ind = número de indivíduos amostrados; DR = densidade relativa (%); FA= Frequência absoluta; FR = frequência relativa (%).

Tabela 8 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbustivo-arbóreo amostradas na regeneração natural para o Tratamento Controle (T4) em área de pós-controle de *Pennisetum purpureum* Schumach.

Espécie	N° Ind.	DR	FA	FR
<i>Psidium guajava</i> L.	15	55,6	33,3	22,2
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	4	14,8	33,3	22,2
<i>Vernonanthura tweediana</i> (Baker) H.Rob.	3	11,1	16,7	11,1
<i>Baccharis spicata</i> (Lam.) Baill.	2	7,4	33,3	22,2
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist.	2	7,4	16,7	11,1
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1	3,7	16,7	11,1
Total	27	100	150	100

Onde: N° Ind = número de indivíduos amostrados; DR = densidade relativa (%); FA= Frequência absoluta; FR = frequência relativa (%).

Nos tratamentos Resíduos lenhosos (T1) e Cascas de Arroz (T2), a espécie com maior densidade e frequência foi *Solanum mauritianum*. Essa espécie pode ser entendida como uma espécie-chave, prevalecendo na colonização florestal, produzindo abundante recurso forrageiro para pássaros, insetos, além do mais apresenta elevada produção de serapilheira.

Dessa forma, com passar do tempo, pode proporcionar condição edáfica para a colonização da área por outras espécies mais exigentes em fertilidade, umidade do solo e sombreamento. A espécie também é indicada para uso em programas de restauração ecológica, apresentando resiliência ao ocupar áreas abandonadas (CORADIN et al., 2011).

Já nos tratamentos Espécies de cobertura (T3) e Tratamento Controle (T4), a espécie com maior densidade e frequência foi *Psidium guajava*. Essa espécie é classificada como exótica invasora (HÓRUS, 2021). O fato de essa espécie exótica invasora ocupar grande parte das unidades amostrais do presente experimento pode ser explicado pelo fato dela ser bem sucedida em áreas abertas, principalmente pela sua capacidade de rebrota, alta produção de sementes e a dispersão por animais (BERENS, 2008).

Após a finalização das análises foi possível constatar que a partir do uso de diferentes biomassas houve o abafamento do capim-elefante e, conseqüentemente, o favorecimento da regeneração natural de espécies nativas em áreas de pós-controle. No entanto a sucessão das espécies arbustivas-arbóreas nativas está ocorrendo lentamente. Visando potencializar esse processo sugere-se a implementação de estratégias ativas de restauração ecológica nessas áreas. Técnicas de restauração ativa são indicadas para a restauração de áreas com baixo potencial de regeneração natural (CHAZDON et al., 2016). Com a implementação dessas técnicas de restauração, após a instalação de estratégias de biomassas em áreas de pós-controle de gramíneas exóticas invasoras, há maiores chances de evitar reintroduções da espécie invasora e há a potencialização da sucessão ecológica nessas áreas (OGDEN & REJMANEK, 2005).

6.4 CONCLUSÃO

A partir do cenário encontrado de reintrodução do capim-elefante, mesmo após o fim da execução das ações de manejo e controle na área de estudo, concluímos que o uso de biomassas é eficiente no abafamento da gramínea exótica invasora.

Referindo-se ao objetivo desse estudo, abafar a gramínea exótica e favorecer a sucessão ecológica de espécies nativas, o Tratamento Resíduos lenhosos foi o mais eficaz.

A regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas está ocorrendo de maneira satisfatória levando em consideração o histórico de degradação do local.

A maioria das espécies regenerantes são dispersas por animais e frente a isso, indicamos que após a implementação da estratégia de biomassa de Resíduos Lenhosos, seja instalado um

projeto de restauração ecológica a partir do uso de técnicas ativas de restauração como plantio em núcleos e poleiros artificiais para a potencialização da sucessão ecológica em áreas de pós-controle de gramíneas exóticas invasoras.

6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo César; GONÇALVES, José Leonardo Moraes. Köppen's climate classification map for Brazil, **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG IV). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: **APG IV**. *Botanical Journal of the Linnean Society*, n. 181, p. 1 – 20, 2016.

ARAÚJO, Fabiana Aparecida da Silva *et al.* Indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais: levantamento de metodologias e indicadores utilizados. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, v. 60, p. 1-16, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.246191>

BARBOSA, Elizabeth Gorgone. **Eficiência do manejo no controle de duas espécies de gramíneas exóticas invasoras em Cerrados Paulistas. 2009.** Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2009.

BERENS, Dana Gertrude *et al.* Exotic guavas are foci of forest regeneration in Kenyan farmland. **Biotropica**, v.40, n.1, p.104-112, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00338.x>

BRANCALION, Pedro Henrique S.; GANDOLFI, Sérgio; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. **Restauração Florestal**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 431, 2015. ISBN 978-8579750199.

BRUNKEN, Jere N. A systematic study of Pennisetum Sect. Pennisetum (Gramineae). **American Journal of Botany**, v. 64, n. 2, p.161-176, 1977.

CANDIANI, Giovano. Regeneração natural de espécies arbóreas em sub-bosque de *Eucalyptus saligna* Sm., Caieiras, SP. **Ambiência**, v. 12, n. 4, p. 915 – 931, 2016. ISSN 2175-9405

CAMARGOS, Virginia. Londe. *et al.* Influência do fogo no banco de sementes do solo em floresta estacional semidecidual. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 19 - 28, 2013. <https://doi.org/10.5902/198050988436>

CEZIMBRA, Luna Dallagnol; PORTO, Ana Boeira; OVERBECK, Gerhard. Ernst. Invasão por gramíneas exóticas em campos sobre paleodunas: efeitos na diversidade florística. **Oecologia Australis**, V. 25, n. 4, p. 821–833, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2021.2504.03>

CHAZDON, Robin. L; GUARIGUATA, Manuel R. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: Prospects and challenges. **Biotropica**, v. 48, p. 844–855, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12381>

CORADIN, Lidio; SIMINSKI, Alexandre.; REIS, Ademir. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Sul**. Brasília, DF: MMA, 2011. ISBN 978-85-7738-153-1

COUTINHO, André Ganem *et al.* Effects of initial functional-group composition on assembly trajectory in savanna restoration. **Applied Vegetation Science**, v. 22, p. 61-70, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/avsc.12420>

DURIGAN, Giselda; SUGANUMA, Márcio Seiji; MELO, Antônio Carlos Galvão. Valores esperados para atributos de florestas ripárias em restauração em diferentes idades. **Sci. For.**, v. 44, n. 110, p. 463-474, 2016. DOI: [dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n110.19](https://doi.org/10.18671/scifor.v44n110.19)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manuais Técnicos em Geociências: Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro. v. 1. 2012. ISBN 978-85-240-4272-0

INSTITUTO HÓRUS. **Base de dados de espécies exóticas invasoras do Brasil**, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, Florianópolis – SC. Disponível em: <http://bd.institutohorus.org.br/> Acesso em: 02 de outubro de 2021.

IUCN **Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species**. 51st Meeting of Council, February 2000.

LAMPRECHT, Hans. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Instituto de Silvicultura da Universidade Gottingen. Eschborn. Rep. Federal da Alemanha. 343 p.1990.

LIMA, Rodrigo *et al.* **Os indicadores de resultado na restauração da vegetação nativa**. Coordenação LIMA, Rodrigo. São Paulo: Agroicone, 2020. ISBN: 978-65-992253-0-7

MAAMA. **Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras**. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponível em: <http://www.magrama.gob.es>. Acesso em 27/10/2021.

MACHADO, Vinícius *et al.* Controle químico e mecânico de plantas daninhas em áreas em recuperação. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 11, 139-147, 2012. <https://doi.org/10.7824/rbh.v11i2.153>

MALLMANN, Caroline. **Ações de manejo e controle de plantas exóticas invasoras no parque estadual quarta colônia**. Secretaria Estadual do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMA RS, 2018. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201812/04110510-acoes-de-manejo-e-controle-de-plantas-exoticas-invasoras-no-parque-estadual-da-quarta-colonia.pdf>. Acesso em: 22/01/2022.

MARTINS, Sebastião Venâncio *et al.* Uma abordagem sobre a diversidade e técnicas de restauração ecológica. *In: MARTINS Sebastião Venâncio (Editor). Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados.* Viçosa, MG: UFV, p. 19-41, 2015.

MUELLER-DOMBOIS, Dieter; ELLENBERG, Heinz. **Aims and Methods of Vegetation Ecology.** Wiley, New York. 547 p. 1974. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/213332>

OGDEN, Jennifer A. Erskine; REJMÁNEK, Marcel. Recovery of native plant communities after the control of a dominant invasive plant species, *Foeniculum vulgare*: implications for management. **Biological Conservation**, v.125, p.427-439. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.03.025>

PEREIRA, Antonio. Vander *et al.* Pennisetum Purpureum. *In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). Plantas Forrageiras.* Viçosa, MG: UFV, p. 197-219. 2010. ISBN: 9786559250332.

PIJL, Van. Der. **Principles of dispersal in higher plants.** 3. ed. New York: Springer-Verlag, 1982. ISBN 3-540-05881-8

PIVELLO Vania. Manejo de fragmentos de cerrado visando a conservação da biodiversidade. *In: SOUSA-SILVA, José Carlos; FELFILI, Jeanine. Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação:* Ministério do Meio Ambiente: Brasília/DF, 2006. p. 402 – 413. ISBN 85-87166-81-6.

PRADO, Diego de Almeida; MALLMANN, Caroline; FILHO, Waterloo Pereira. Índice de vegetação por diferença normalizada para caracterização da dinâmica florestal no parque estadual Quarta Colônia, estado do Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v.08, n. 05.15 p. 2015. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150080>

REFLORA. Flora do Brasil 2020. Disponível em:

<<https://reflora.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do#CondicaoTaxonCP>>. Acesso em: 23 fev. 2021.

RESENDE, Alexandre Silva de.; LELLES, Paulo Sérgio dos Santos. **Controle de plantas daninhas em restauração florestal.** Brasília, DF : Embrapa, 107p. 2017. ISBN 978-85-7035-661-1

ROVEDDER, Ana Paula Moreira *et al.* Natural Regeneration in a Conservation Unit: Subsidy for Restoration Actions. **Floresta e ambiente**, v. 25, p. 1-10. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.082117>

SEMA –RS Portaria n° 79/2013, reconhece a **Lista de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Rio Grande do Sul** e demais classificações, estabelece normas de controle e dá outras providências. 2013.

SILVA, Sila Carneiro; SBRISSIA, André Fisher; PEREIRA, Lilian Elgalise Techio. Ecophysiology of C4 forage grasses: understanding plant growth for optimising their use and

management. **Agriculture**, v. 5, p. 598-625, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture5030598>

SILVEIRA, Eduardo Palhares *et al.* Estimativa da cobertura de gramíneas invasoras em área degradada de cerrado por meio do Software Imagej. **Espacios**, v. 37, n.31, 2016.

STRECK, Edeimar Valdir *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; 2 ed, UFRGS, 2008. ISBN: 9788598842042

TOMAZI, Aline Luiza; CASTELLANI, Tânia Tarabini . Artificial perches and solarization for forest restoration: assessment of their value. **Tropical Conservation Science**, v. 9, p. 809-831, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1177/194008291600900215>

URIARTE, Maria *et al.* Disentangling the drivers of reduced longdistance seed dispersal by birds in an experimentally fragmented landscape. **Ecology**, v. 92, n. 4, p. 924 - 937, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1890/10-0709.1>

VEIGA, Jonas Bastos da *et al.* Capim elefante anão sob pastejo I. Produção de forragem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 8, p. 929-936, 1985. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/373138>. Acesso em: 20/02/2021.

ZILLER, Sílvia Renate A **Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2000.

7 CAPÍTULO II - O USO DE BIOMASSAS REDUZ A REINTRODUÇÃO DE *Urochloa* sp. E FAVORECE A SUCESSÃO ECOLÓGICA EM ÁREA DE PÓS-CONTROLE?

RESUMO

O Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC) apresenta grande importância na manutenção da biodiversidade, dos recursos genéticos e serviços ecossistêmicos do Bioma Mata Atlântica no Rio Grande do Sul, compondo o Corredor Ecológico da Quarta Colônia na região Central do Estado, no entanto estão presentes em seus limites grandes porções de áreas degradadas e acometidas pela presença de espécies exóticas invasoras. Uma, dentre tantas espécies exóticas invasoras presentes no PEQC, é a *Urochloa* sp. Buscando solucionar essa problemática, foi implementado pela direção do PEQC um controle prévio das espécies invasoras, no entanto mesmo após o fim da execução das atividades de controle foram observadas novas investidas dessas espécies no local. Este estudo tem como objetivo analisar estratégias de biomassas que possam favorecer a sucessão ecológica em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual da Quarta Colônia, a fim de gerar subsídios para iniciar a restauração ecológica do PEQC. O experimento seguiu o delineamento experimental de blocos casualizados, sendo testados quatro tratamentos: Resíduos lenhosos (T1), Cascas de arroz (T2), Espécies de cobertura (T3) e Controle (T4). Foram aplicadas metodologias para a avaliação da cobertura do solo, quantificação de biomassa e levantamento da regeneração natural. Os dados foram submetidos a ANOVA e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Também foram calculados índices fitossociológicos para o estrato arbustivo-arbóreo. Todas as análises estatísticas foram processadas no R. O tratamento mais eficaz para o objetivo foi a biomassa de Resíduos lenhosos (T1). A regeneração natural está se expressando positivamente, levando em consideração o grau de degradação da área. Como a maioria das espécies apresentam dispersão zoocórica, indicamos que após a implementação de T1 seja instalada técnicas ativas de restauração para potencializar a relação planta-animal e, conseqüentemente, favorecer a sucessão ecológica em áreas de pós-controle de gramíneas exóticas invasoras.

Palavras-chave: Invasão biológica, restauração ecológica, unidades de conservação, biomassa.

THE USE OF BIOMASSES REDUCES THE REINTRODUCTION OF *Urochloa sp.* AND DOES IT FACTOR ECOLOGICAL SUCCESSION IN A POST-CONTROL AREA?

ABSTRACT

The Quarta Colônia State Park (PEQC) is of great importance in maintaining the biodiversity, genetic resources and ecosystem services of the Atlantic Forest Biome in Rio Grande do Sul, composing the Ecological Corridor of the Quarta Colônia in the Central region of the State, however they are present in its boundaries large portions of degraded areas affected by the presence of invasive exotic species. One of the many exotic invasive species present in the PEQC is *Urochloa sp.* Seeking to solve this problem, the management of the PEQC implemented a previous control of invasive species, however even after the end of the execution of the control activities, new investitures of these species were observed in the place. This study aims to analyze biomass strategies that may favor ecological succession in a post-control area of *Urochloa sp.* in the Quarta Colônia State Park, in order to generate subsidies to start the ecological restoration of the PEQC. The experiment followed the experimental design of randomized blocks, with four treatments being tested: Woody residues (T1), Rice husks (T2), Coverage species (T3) and Control (T4). Methodologies were applied to assess soil cover, quantify biomass and survey natural regeneration. Data were submitted to ANOVA and treatment means were compared by Tukey's test ($p < 0.05$). Phytosociological indices were also calculated for the shrub-tree stratum. All statistical analyzes were processed in R. The most effective treatment for the objective was the biomass of Woody residues (T1). Natural regeneration is expressing itself positively, taking into account the degree of degradation of the area. As most species present zoochoric dispersion, we indicate that after the implementation of T1, active restoration techniques be installed to enhance the plant-animal relationship and, consequently, favor ecological succession in post-control areas of invasive exotic grasses.

Keywords: Biological invasion, ecological restoration, conservation units, biomass.

7.1 INTRODUÇÃO

A invasão biológica é considerada uma das principais ameaças à conservação da biodiversidade em nível global (BUTCHART et al., 2010). No Brasil há o registro de mais de 250 espécies exóticas invasoras, sendo destas, 25 de gramíneas (ZILLER e DECHOUM 2013). As espécies da família Poaceae geralmente se manifestam e se desenvolvem em ambientes abertos, ameaçando a conservação da biodiversidade desses locais (RIBEIRO, 2022). A elevada capacidade de dispersão e estabelecimento dessas espécies, aliada a sua extensa flexibilidade ambiental são características ecológicas ideais para a modificação dos habitats naturais onde elas se estabelecem (CLAVEL, 2021).

As espécies do gênero *Urochloa* (braquiária) são utilizadas como pastagens para bovinos em todo o País (BROSSARD e BARCELLOS, 2005). No entanto, além de possuírem características que facilitam seu uso como espécie forrageira, as espécies de braquiária também apresentam características que explicam o seu “sucesso” como espécie invasora ao apresentar acúmulo elevado de biomassa (BAPTISTELLA et al., 2020) e rápido crescimento após distúrbios ambientais (ASSIS et al., 2021).

No estado do Rio Grande do Sul registra-se um aumento expressivo da fragmentação dos ambientes naturais a partir da ocupação e conversão destes ambientes em áreas para atividades altamente degradadoras: urbanização não planejada, plantios de monoculturas e plantios comerciais de árvores exóticas (CEZIMBRA et al., 2021). Além dessas atividades degradadoras, também há o aumento de registros de focos de espécies exóticas invasoras em ambientes naturais no estado. Infelizmente esses focos não se restringem apenas as áreas desprotegidas, essa também é uma realidade enfrentada nas Unidades de Conservação, áreas cuja finalidade deveria ser a proteção ambiental (ROVEDDER et al., 2018; CEZIMBRA et al., 2021). A presença de espécies exóticas invasoras em Unidades de Conservação causa desequilíbrios ambientais graves, como alteração da riqueza e composição das espécies nativas, alterações tróficas, modificando os processos ecológicos e os serviços ecossistêmicos (VILA et al., 2010).

Dentre as Unidades de Conservação presentes no Rio Grande do Sul, o Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC) apresenta grande importância na manutenção da biodiversidade, dos recursos genéticos e serviços ecossistêmicos do Bioma Mata Atlântica, compondo o Corredor Ecológico da Quarta Colônia na região Central do Estado. O PEQC é classificado como Unidade de Conservação de proteção Integral, no entanto estão presentes em seus limites grandes porções de áreas degradadas e acometidas pela presença de espécies

exóticas invasoras, causando impactos negativos nos processos de sucessão natural da UC (MALLMANN, 2018). Uma, dentre tantas espécies exóticas invasoras presentes no PEQC, é a *Urochloa* sp. Buscando solucionar essa problemática, foi implementado pela direção do PEQC um controle prévio (MALLMANN, 2018), no entanto mesmo após o fim da execução das atividades de controle foram observadas novas investidas de espécies de braquiária nessas áreas.

O presente estudo tem como objetivo analisar estratégias de biomassas que possam favorecer a sucessão ecológica em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual da Quarta Colônia, a fim de gerar subsídios para o início de um projeto de restauração ecológica na área.

7.2 MATERIAIS E MÉTODOS

7.2.1 Caracterização da área de estudo

A presente pesquisa foi desenvolvida nos limites territoriais da Unidade de Conservação Parque Estadual Quarta Colônia, na região central do Rio Grande do Sul. O PEQC localiza-se no Rebordo do planalto rio-grandense, criado a partir do Decreto Estadual nº 44.186/2005, sendo resultado de uma medida compensatória proveniente do licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca (UHDF), situada no rio Jacuí. Possui uma área total de 1.847,9 ha, abrangendo os municípios de Agudo e Ibarama (PRADO et al., 2015).

O PEQC está inserido no Corredor Ecológico da Quarta Colônia, compondo uma importante estratégia para conservação e proteção dos remanescentes de Mata Atlântica na região. A classificação fitogeográfica da região é Floresta Estacional Decidual (IBGE, 2012) e o clima é do tipo “Cfa”, apresentando características de subtropical úmido, sem estação seca, com temperatura média anual de 19,4 °C (ALVARES et al., 2013).

Atualmente mais de 30% do território do PEQC é classificado como áreas degradadas, compreendendo grande foco de dispersão de espécies exóticas invasoras (PRADO et al., 2015). A presença desse elevado número de espécies invasoras no PEQC, provavelmente, tem origem nos usos antrópicos anteriores a sua criação (PIAZZA, 2015). Frente a esse cenário, em 2019 a direção do PEQC desenvolveram e colocaram em prática um controle prévio utilizando os métodos mecânico e químico combinados (MALLMANN, 2018).

O local onde o experimento foi instalado refere-se a uma área de pós-controle de uma mancha de braquiária, no entanto, mesmo após o controle foi observado novas investidas de colonização da espécie. Diante do exposto, em junho de 2021 foi realizado o isolamento de 2.500 m² da mancha de braquiária, seguida pela instalação do presente experimento.

7.2.2 Caracterização do experimento

O delineamento experimental escolhido foi o de Blocos Casualizados devido à heterogeneidade encontrada na área do experimento.

Foram demarcados cinco blocos ao longo da área e testados quatro tratamentos (5x4). Para isso, foram demarcadas a partir de sorteio 20 parcelas permanentes de 25m² cada.

A preparação da área consistiu na roçada mecânica e capina manual das 20 parcelas para retirar todos os resíduos e vegetação presentes na parcela. Essa ação foi necessária para que fosse possível testar apenas o fator de abafamento dos tratamentos. Após a preparação da área foram depositados os materiais de abafamento referentes a cada tratamento.

Os tratamentos testados foram: Resíduos lenhosos (T1), Cascas de Arroz (T2), Plantio de espécie de cobertura (T3) e Controle (T4).

7.2.3 Caracterização dos tratamentos

Os tratamentos foram escolhidos levando em consideração questões referentes ao reaproveitamento de resíduos, custos e logística.

Os Resíduos lenhosos (T1) foram obtidos a partir das toras de madeira das espécies invasoras controladas no plano de manejo realizado anteriormente. Essas toras foram trituradas no picador, resultando em “cavacos de madeira”.

As Cascas de arroz (T2) foram adquiridas com produtores rurais da região. Há a presença de muitas plantações de arroz no entorno do PEQC e esse resíduo não tem destinação. Então devido ao fácil acesso e a busca de uma destinação para o resíduo, esse material foi escolhido para ser uma das estratégias de biomassa testadas.

A espécie de cobertura (T3) escolhida para o plantio foi a Aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb). O plantio foi realizado a partir da semeadura em linhas com densidade de 80 Kg/ha.

Por fim, o tratamento Controle (T4) foi instalado para que houvesse a comparação dos demais tratamentos.

7.2.3 Coleta dos dados

7.2.3.1 Cobertura do solo

A cobertura do solo foi avaliada ao longo do tempo a partir da demarcação de subparcelas permanentes de 1m x 1m no interior das parcelas de 25 m². As avaliações aconteceram após 1, 3 e 12 meses da instalação do experimento.

Para essa ação foi utilizado o método de avaliação da cobertura do solo adaptado de Booth et al., (2006) utilizando o software SamplePoint® versão 1.60.

Realizamos coletas de imagens zenitais de cada subparcela a aproximadamente 1,8 metros de altura da superfície, com auxílio de dispositivo móvel com câmera de 14 MP e abertura f/1,8. Para isso, foi realizado o enquadramento dos quatro vértices da parcela para a fotografia e posteriormente realizado o recorte das bordas.

As porcentagens da cobertura do solo para cada parcela foram obtidas pela análise manual das imagens no software, sendo atribuída sobre elas uma malha regular subdividida em pixels para a classificação em categorias criadas e definidas como:

- Braquiária;
- Solo exposto;
- Miscelânea (toda vegetação regenerante, excluindo a gramínea exótica invasora);
- Material de abafamento cobrindo o solo (biomassas utilizadas nos tratamentos)

Os dados em porcentagem gerados pelo software foram exportados e configurados no programa Excel® para posterior análise estatística.

7.2.3.2 Quantificação da biomassa

Visando compreender o comportamento da gramínea exótica invasora, da vegetação regenerante e do próprio material de abafamento utilizado em cada tratamento ao longo do

tempo, foram realizadas coletas de amostras de biomassa ao 1, 3 e 12 meses após a instalação do experimento.

A coleta das amostras de biomassa seguiu a metodologia da “Técnica do quadrado”. O procedimento de coleta ocorreu a partir do lançamento aleatório de uma moldura de madeira de 0,25m² em cada parcela. No local onde a moldura caía coletávamos todo material presente acima do solo (materiais de abafamento e vegetação).

O material coletado foi levado ao Núcleo de Estudos e Pesquisas em Recuperação de Áreas Degradadas (NEPRADE – UFSM), onde realizamos a triagem. Cada amostra foi analisada visualmente e dividida de acordo com a classificação:

- Braquiária: gramínea exótica invasora;
- Miscelânea: refere-se ao restante da vegetação coletada;
- Material de abafamento cobrindo o solo (biomassas utilizadas nos tratamentos)

Após a triagem as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e levadas para secagem em estufa de ventilação forçada regulada a 65-70 °C por 72 horas até atingirem peso constante. Após esse processo todas as amostras foram pesadas.

7.2.3.3 Regeneração natural

Para a avaliação da regeneração natural foram demarcadas subparcelas permanentes de 2x2m no centro das 20 parcelas de 25m². Tornou-se necessário essa delimitação de parcelas centrais, pois a metodologia de amostragem de biomassa é destrutiva e se não houvesse essa delimitação poderia haver influências na avaliação da dinâmica da regeneração natural.

Após 12 meses da instalação do experimento, todos os indivíduos sbrbustivos e arbustivo-arbóreos vivos com altura igual ou superior a 20 cm, bem como todos indivíduos de *Urochloa* sp. vivos foram contados e identificados. A identificação botânica foi realizada em campo seguindo a classificação Angiosperm Phylogeny Group (APG IV, 2016) e a confirmação dos nomes das espécies por meio do herbário virtual Flora do Brasil (REFLORA 2020). Além de, consulta em bibliografia especializada, verificação em herbários e com especialistas.

As espécies foram classificadas quanto: origem (exóticas ou nativas), hábito de vida (arbusto ou árvore) baseada no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012), classe

sucessional adaptado de Budowski (pioneira, secundária inicial e secundária tardia) e síndrome de dispersão (anemocórica, zoocórica ou autocórica) de acordo com Van Der Pijl (1982).

Também foram contadas e identificadas todas espécies do estrato herbáceo regenerantes.

7.2.4 Análise dos dados

Os dados de biomassa amostrados em g/m^2 foram extrapolados para Kg/ha e organizados no software Microsoft Excel®. Os dados de cobertura do solo e da regeneração natural também foram organizados no mesmo software.

Os dados de cobertura do solo, biomassa, bem como os dados de abundância e riqueza da regeneração natural das espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreas foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade ($p > 0,05$) e Levene para a homogeneidade de variância ($p > 0,05$). Quando os pressupostos não foram atendidos, os dados foram transformados ($\ln + 1$). Em seguida foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Índices fitossociológicos (densidade relativa (DR), frequência absoluta (FA) e frequência relativa (FR)) foram calculados para avaliação da composição de espécies da regeneração natural das espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreas nos tratamentos utilizados (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG).

Todas as análises estatísticas foram processadas no R (versão 3.6.1).

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.3.1 Cobertura do solo

Na avaliação da cobertura do solo, considerando as quatro variáveis analisadas, apenas Material de abafamento não apresentou diferença significativa no segundo e no terceiro período de monitoramento (3 e 12 meses). Para as demais variáveis a ANOVA demonstrou diferença significativa em todos os períodos analisados. (Tabela 9).

Tabela 9 – Médias das variáveis de cobertura do solo, com 1, 3 e 12 meses em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

Cobertura do solo (%)	Anova (p-valor)*	Teste de Tukey**			
		T1	T2	T3	T4
1 mês					
Braquiária	<0,0001	2c	4b	2c	23 ^a
Miscelânea	0,0358	10a	11a	3b	10 ^a
Solo exposto	<0,0001	0a	7c	38b	88 ^a
Material de abafamento	<0,0001	96a	92b	56c	-
3 meses					
Braquiária	<0,0001	6c	14b	6c	37 ^a
Miscelânea	0,0198	31a	25b	13d	21c
Solo exposto	<0,0001	3d	14c	22b	73 ^a
Material de abafamento	0,106	83	79	70	-
12 meses					
Braquiária	<0,0001	10d	28b	16c	64 ^a
Miscelânea	0,0041	46a	46a	24c	30b
Solo exposto	<0,0001	6c	23b	24b	48 ^a
Material de abafamento	0,0801	79	78	63	-

* Valores de $p < 0,05$ diferem entre si pela análise de variância (ANOVA).

** Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Cascas de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle.

Ao longo de um ano de experimento constatamos que o tratamento que apresentou maior percentual de cobertura do solo por braquiária foi o T4 (64%), demonstrando que o uso de qualquer uma das biomassas testadas é eficiente no abafamento dessa gramínea exótica invasora. No mesmo período de avaliação, dentre as biomassas testadas, o tratamento Cascas de arroz (T2) foi o que obteve maior percentual de cobertura do solo pela gramínea exótica invasora (28%), diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos T1 (10%) e T3 (16%).

Considerando o percentual de cobertura do solo por Miscelânea (restante da vegetação, descartando braquiária), após 12 meses da instalação do experimento, os tratamentos Resíduos lenhosos (T1) e Cascas de arroz (T2) foram os que obtiveram maiores valores (46% ambos). Em contrapartida o tratamento Espécies de cobertura (T3), apresentou o menor percentual de cobertura do solo por miscelânea (24%), valor inferior ao encontrado até no

tratamento controle (30%), demonstrando que a biomassa de espécies de cobertura abafa e prejudica a regeneração das demais espécies em áreas de pós-controle.

Ao implementarmos estratégias que melhoram a resistência a reintrodução da gramínea invasora, visando o retorno da biodiversidade e processos ecossistêmicos que foram afetados (ZILLER e DECHOUM, 2013) na área do PEQC, nos deparamos com uma situação ambígua em relação ao tratamento de Espécies de cobertura (T3), pois a estratégia auxilia ao evitar a reintrodução de braquiária em áreas de pós-controle de maneira satisfatória, mas também prejudica o surgimento de outras formas de vida nessas áreas, não conseguindo atingir ao objetivo principal proposto.

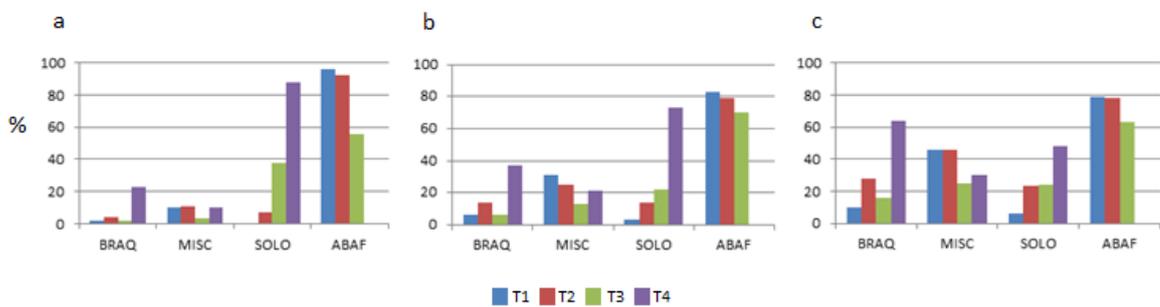
Tokura e Nóbraga (2006) ao estudarem diferentes tipos de espécies de cobertura visando à redução de populações de espécies exóticas invasoras encontraram resultados positivos ao testarem a aveia-preta como estratégia. Esse resultado não corrobora com o encontrado no presente estudo e isto pode ser explicado pelo fato de que, sim, o plantio de espécies de cobertura melhora a fertilidade e biologia do solo, no entanto com a concentração de nutrientes nos primeiros centímetros do solo há tanto a estimulação da germinação, quanto a deterioração das sementes presentes no banco do solo das demais espécies (FERREIRA, 2006).

Outra questão que deve ser levada em consideração é que a partir da introdução de plantas de cobertura há a preservação da qualidade do ambiente, porém muitas dessas espécies possuem substâncias químicas que, quando liberadas no ambiente podem prejudicar o crescimento e desenvolvimento das demais espécies (MAULI, 2009). Levando em consideração essa informação, a aveia-preta é uma espécie que reduz a população de espécies exóticas invasoras em razão do seu efeito alelopático (MAULI, 2009), faltando estudos para confirmar se sua alelopátia afeta também o banco de sementes de espécies nativas presentes no mesmo local. No entanto, não podemos descartar, também, que a própria *Urochloa* sp. possui propriedade alelopática, podendo inibir a germinação de outras espécies, principalmente quando encontrada em elevadas porcentagens de recobrimento do solo (SOUZA FILHO, 2006).

Ao compararmos os diferentes tipos de materiais de abafamento (biomassas utilizadas), observamos que o comportamento ao longo do tempo deles diferiu (Figura 7a, 7b e 7c). Enquanto Resíduos lenhosos (T1) e Cascas de arroz (T2) apresentaram redução da cobertura do solo de 17% e 14%, respectivamente, o tratamento de Plantas de cobertura (T3) apresentou um aumento de 7% da cobertura do solo ao longo de 11 meses.

Todas as biomassas apresentaram valores positivos na permanência dos seus materiais de abafamento no solo ao longo do tempo, o que é evidenciado quando analisamos a variável “solo exposto”, que apresentou valores baixos nas diferentes biomassas testadas (T1, T2 e T3), diferindo dos elevados valores encontrados no Tratamento Controle em todos os períodos analisados (Figura 7a, 7b e 7c).

Figura 7 – Representação gráfica das porcentagens médias das variáveis de cobertura do solo ao longo do tempo em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS: a) período de avaliação 1 mês; b) período de avaliação 3 meses; c) período de avaliação 12 meses.



Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Cascas de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle, BRAQ= porcentagem média da cobertura do solo por *Urochloa* sp., MISC= porcentagem média da cobertura do solo por miscelânea (vegetação regenerante descartando as espécies de braquiárias), SOLO= porcentagem média de solo exposto e ABAF= porcentagem média do material de abafamento.

7.3.2 Quantificação da biomassa

A partir da análise dos dados foi possível constatar estatisticamente diferenças altamente significativas entre os tratamentos na produção média de biomassa seca para todas as variáveis analisadas nos distintos períodos. De acordo com o teste Tukey, todos os tratamentos (T1, T2 e T3) diferiram significativamente do tratamento controle (T4) e também diferiram entre si em todas as variáveis analisadas (Tabela 10).

Tabela 10 - Médias das variáveis da quantificação de biomassa seca, com 1, 3 e 12 meses em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

Biomassa seca (Kg/há)	Anova (p- valor)*	Teste de Tukey**			
		T1	T2	T3	T4
1 mês					
Braquiária	0,0029	42,56d	479,36a	81,92c	329,28
Miscelânea	0,0016	258,88c	302,4b	82,88d	332,48a
Material de abafamento	<0,0001	40404,48a	31459,2b	325,76c	-
3 meses					
Braquiária	0,0031	387,2d	1240,32b	697,28c	1877,12a
Miscelânea	<0,0001	1566,72b	1411,2c	890,88d	1743,68a
Material de abafamento	<0,0001	35117,44a	23307,52b	1585,6c	-
12 meses					
Braquiária	0,0008	952d	3220,8b	1896,32c	5357,44a
Miscelânea	0,0001	3627,2c	3677,44b	2238,72d	3757,12a
Material de abafamento	<0,0001	17536,32a	14741,22b	3168c	-

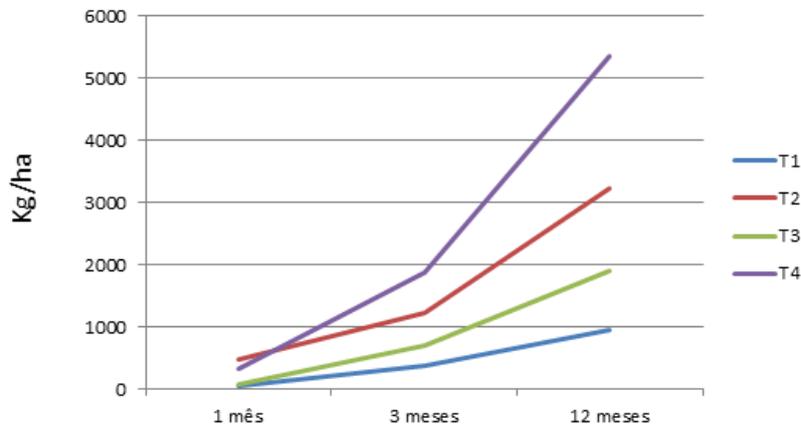
* Valores de $p < 0,05$ diferem entre si pela análise de variância (ANOVA).

** Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Cascas de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle.

Dentre os tratamentos testados, o Controle (T4) foi o que obteve maior produção média de biomassa de braquiária de 5.357,44Kg/ha ao longo de 12 meses, seguido pelo tratamento de Cascas de arroz (T2) que também obteve elevado valor médio de 3.220,8Kg/ha.

Por outro lado, referindo-se ao mesmo período de tempo, o tratamento de Resíduos lenhosos (T1) obteve a menor produção média de biomassa de braquiária com valor de 952 Kg/ha. A Figura 8 demonstra o comportamento temporal da produção média de biomassa de braquiária nos diferentes tratamentos testados.

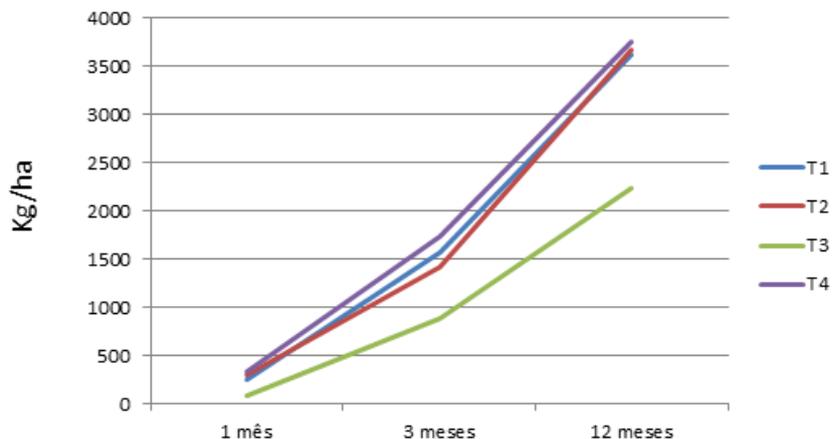
Figura 8 – Representação gráfica da produção média de biomassa seca de *Urochloa* sp. ao longo do tempo em área de pós-controle no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.



Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Casca de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle

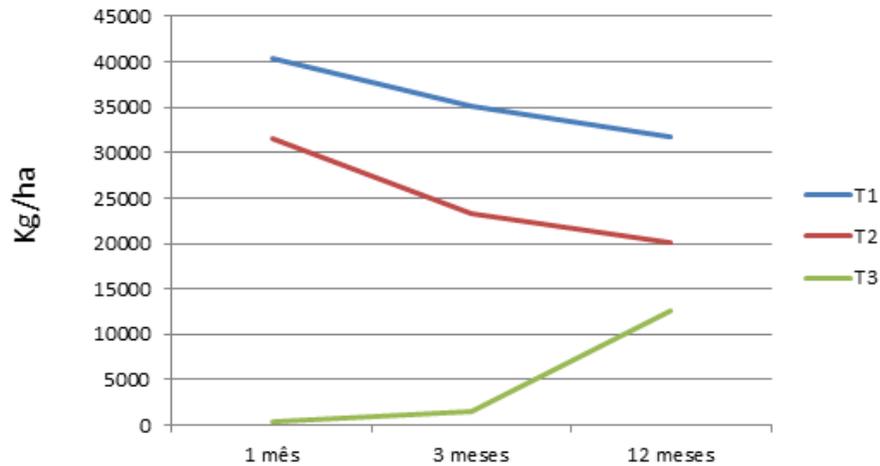
Ao observar a Figura 8, percebemos que o tratamento de Resíduos lenhosos (T1) foi o mais eficiente no abafamento de braquiária em todos os períodos de avaliação. Além disso, o T1 demonstra favorecer a regeneração natural de outras espécies ao analisarmos a categoria miscelânea (Figura 9) e resistir no recobrimento do solo ao longo do tempo quando comparado aos outros tratamentos (Figura 10).

Figura 9 – Representação gráfica da produção média de biomassa seca de “miscelânea”. ao longo do tempo em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.



Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Casca de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle.

Figura 10 – Representação gráfica da produção média de biomassa seca dos materiais de abafamento, ao longo do tempo em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS..



Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Cascas de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle.

Ao analisarmos os resultados encontrados, fica evidente que o uso das diferentes biomassas testadas funcionam como barreira à reentrada de gramíneas exóticas em áreas de pós-controle, expressado pela quantificação da produção média de biomassa de *Urochloa* sp.

As gramíneas exóticas invasoras são melhores competidoras que as espécies nativas, alterando a composição e função dos ecossistemas, e, conseqüentemente, prejudicam a sucessão ecológica nessas áreas invadidas. (BROOKS et al., 2010). Dessa forma, o uso de estratégias que abafem *Urochloa* sp. são usadas em planos de controle, devido a formação da barreira física gerar sombreamento às gramíneas exóticas invasoras C4 (RODRIGUES et al., 2009).

Ao utilizarmos a biomassa Resíduos Lenhosos (T1) e de validarmos essa como a estratégia mais eficaz para o abafamento de *Urochloa* sp. e no favorecimento da regeneração de outras espécies, demonstramos que é possível o reaproveitamento desse material que muitas vezes fica sem uma destinação adequada. Segundo Gisi et al. (2016) o reaproveitamento de resíduos lenhosos é uma importante estratégia no que diz respeito à diminuição da extração de recursos naturais e à redução do acúmulo de materiais em lixões e aterros sanitários, levando em consideração que este tipo de resíduo é gerado em abundância e que nem sempre é reaproveitado ou têm um destino correto.

Além da questão de reaproveitamento de material, a estratégia testada de resíduos lenhosos torna-se ainda mais viável como solução para a problemática da reintrodução de gramíneas exóticas invasoras em áreas de pós-controle, considerando que em áreas dominadas pela invasão biológica (com elevada abundância) o uso de técnicas que sejam aplicáveis em larga escala irá permitir o sucesso dos planos de controle e manejo em longo prazo (GARCÍA DÍAZ et al., 2020).

Ao avaliar a cobertura do solo e a quantificação da biomassa podemos concluir que o Tratamento de Resíduos Lenhosos é o mais indicado para cumprir o objetivo deste trabalho, levando em consideração seu desempenho positivo em favorecer a regeneração da vegetação e em abafar a braquiária em área de pós-controle. Estes dois indicadores são de simples mensuração e de fácil entendimento, no entanto, apenas com essas metodologias não podemos identificar quais espécies compõe a categoria “miscelânea”, dessa forma o levantamento e identificação da regeneração natural vem como metodologia complementar para o entendimento de quantas e quais espécies estão sendo favorecidas com a implementação das diferentes estratégias de biomassas testadas.

7.3.3 Regeneração natural

Após um ano da instalação do experimento, foram amostrados 392 indivíduos subarbustivos e arbustivo-arbóreos regenerantes, distribuídos em 20 espécies e pertencentes a 10 famílias botânicas. Além disso, foram amostrados 140 indivíduos de *Urochloa sp.* nos distintos tratamentos.

Analisando as variáveis amostradas na regeneração natural, apenas abundância de braquiária e abundância de indivíduos subarbustivos e arbustivo-arbóreos exóticos apresentaram diferença significativa quando analisados estatisticamente (Tabela 11).

Tabela 11 - Médias das variáveis analisadas na regeneração natural em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

Variáveis de REG	Anova (p-valor)*	Teste de Tukey**			
		T1	T2	T3	T4
Nº Famílias	0,0701	5,4	3,8	3,4	4,4
Riqueza de Espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreas	0,358	7,6	5,4	5,4	7,2
Abundância de Indivíduos subarbustivo e arbustivo-arbóreos	0,808	18	19,2	5,6667	5
Abundância de Indivíduos Nativos subarbustivo e arbustivo-arbóreos	0,845	16	10,8	13	12,8
Abundância de Indivíduos Exóticos subarbustivo e arbustivo-arbóreos	0,027	2c	8,8a	5b	10a
Abundância de braquiária	0,0188	2,6b	11,4a	3,4b	10,6a

* Valores de $p < 0,05$ diferem entre si pela análise de variância (ANOVA).

** Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos, T2= Tratamento Cascas de arroz, T3= Tratamento Plantas de cobertura, T4= Tratamento Controle.

O tratamento que apresentou maiores médias de abundância de braquiária foi o Tratamento controle (T4) com valor de 10,6, seguido pelo Tratamento Cascas de arroz (T2) com 11,4. Essa análise corrobora com os resultados encontrados na análise dos dois indicadores anteriores (cobertura do solo e quantificação de biomassa). Seguindo a mesma linha dos indicadores anteriores, levando em consideração a abundância de indivíduos de braquiária, os tratamentos que apresentaram menores médias foram: Tratamento Resíduos lenhosos (T1) e Espécies de cobertura (T3) com valores de 2,6 e 3,4, respectivamente. No entanto, quando analisamos a abundância de indivíduos subarbustivos e arbustivo-arbóreos exóticos, o T1 destaca-se por apresentar menor média (2,0), diferindo dos demais tratamentos. Por outro lado, salientamos que o tratamento T2 não apresentou diferença quando comparado ao

Tratamento controle, sendo os tratamentos com maiores valores de abundância de indivíduos subarbustivos e arbustivo-arbóreos exóticos (8,8 e 10 respectivamente).

A partir dessa análise é possível constatar que o T1, além de ser eficiente ao evitar novas investidas de braquiária, também é o mais eficaz ao abafar a regeneração de indivíduos arbustivo-arbóreos exóticos em áreas de pós-controle. As espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreas amostradas e identificadas na regeneração natural em cada tratamento estão descritas na Tabela 12.

Tabela 12 - Ocorrência de espécies regenerantes subarbustivas e arbustivo-arbóreas amostradas por famílias botânicas e classificadas quanto a suas estratégias ecológicas em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

(continua)

Família/espécie	T1	T2	T3	T4	O	FV	CS	SD
ANACARDIACEAE								
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	11	4	7	2	N	A	P	Zoo
ASTERACEAE								
<i>Austroeuatorium inulaefolium</i> (Kunth) R.M.King & H.Rob.	3	6	2	8	N	Ar	P	Ane
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC	8	11	19	16	N	Ar	P	Ane
<i>Baccharis spicata</i> (Lam.) Baill.	0	1	0	1	N	Ar	P	Ane
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	3	1	2	2	N	Sub	P	Ane
<i>Chromolaena laevigata</i> (Lam.) R.M.King & H.Rob.	2	6	5	17	N	Ar	P	Ane
<i>Chromolaena pedunculosa</i> (Hook. & Arn.) R.M.King & H.Rob.	9	9	8	3	N	Ar	P	Ane
ERYTHROXYLACEAE								
<i>Erythroxylum myrsinites</i> Mart.	1	0	0	0	N	A	St	Zoo
FABACEAE								
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	6	4	7	6	N	A	P	Aut
MALVACEAE								
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	3	0	0	1	N	A	Si	Ane
MYRTACEAE								
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1	1	0	0	N	A	Si	Zoo
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	13	2	11	0	N	A	Si	Zoo
<i>Psidium guajava</i> L.	10	44	25	50	E	A	P	Zoo
PRIMULACEAE								

Tabela 12 - Ocorrência de espécies regenerantes subarborescentes e arbustivo-arborescentes amostradas por famílias botânicas e classificadas quanto a suas estratégias ecológicas em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

(conclusão)

Família/espécie	T1	T2	T3	T4	O	FV	CS	SD
<i>Myrsine parvula</i> (Mez) Otegui	4	1	0	0	N	A	Si	Zoo
SAPINDACEAE								
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. Et al.) Hieron. Ex Niederl.	1	0	0	3	N	A	Si	Zoo
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk	4	0	0	0	N	A	Si	Zoo
SOLANACEAE								
<i>Cestrum strigillatum</i> Ruiz & Pav.	2	0	1	1	N	Ar	P	Zoo
<i>Solanum aculeatissimum</i> Jacq.	1	2	0	0	N	Ar	P	Zoo
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	0	0	0	1	N	A	P	Zoo
VERBENACEAE								
<i>Lantana</i> sp.	8	6	3	3	N	Sub	P	Aut

Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos; T2= Tratamento Cascas de arroz; T3 = Tratamento Espécies de cobertura; T4 = Tratamento Controle; O = origem (N = nativa e E = exótica); FV = forma de vida (Arb = arbustiva e A = arbórea); CS = classe sucessional (Pi = pioneira, Si = secundária inicial, St = secundária tardia); SD = síndrome de dispersão (Zoo = zoocórica, Anemo = anemocórica, aut = autocórica).

As famílias que apresentaram maior riqueza de espécie foram: Asteraceae (6), Solanaceae (3), Myrtaceae (3) e Sapindaceae (2). As demais apresentaram apenas uma espécie por família.

Dentre as 20 espécies amostradas, 19 foram classificadas como nativas (95%) e uma como exótica (5%). Referindo-se a forma de vida, 11 foram classificadas como Arbóreas (55%), sete como arbustivas (35%) e duas como subarborescentes (10%). Na classificação de síndrome de dispersão, 11 apresentam síndrome de dispersão zoocórica (55%), sete espécies apresentam síndrome de dispersão anemocórica (35%) e duas espécies foram classificadas como autocóricas (10%). E de acordo com o grupo sucessional, foram classificadas: 13 Pioneiras (65%), seis secundárias iniciais (30%) e uma secundária tardia (5%).

Analisando os dados da regeneração podemos inferir que a área de estudo apresenta capacidade de se restabelecer quando aplicadas técnicas de manejo, podendo recuperar suas populações que foram inibidas pela influência de gramíneas exóticas invasoras, sendo que esta capacidade pode ser potencializada com ações que visem o enriquecimento dessas áreas (MIYAMURA et al., 2019).

Mesmo sendo baixa a porcentagem de espécies exóticas subarbustivas e arbustivo-arbóreas, o número de indivíduos exóticos amostrados é elevado, sendo que todos os indivíduos amostrados são da espécie *Psidium guajava*. Além de ser exótica essa espécie é classificada como invasora (HÓRUS, 2021) e demonstra estar recolonizando todas as áreas de pós-controle presentes no PEQC. Este fato pode estar associado a certas características da espécie como: alta capacidade de rebrota, elevada produção de sementes e dispersão zoocórica (BERENS, 2008). De acordo com Miyamura et al. (2019) as espécies exóticas invasoras mais abundantes no estrato regenerante tem sucesso principalmente por estabelecerem relações com a fauna polinizadora e dispersora local. Desta forma, recomenda-se que a espécie seja alvo preferencial para ações de manejo, a fim de diminuir a pressão de propágulos e de rebrotas.

A predominância de espécies nativas com síndrome de dispersão zoocórica é um bom indicador para inferir sobre o sucesso da sucessão ecológica nas áreas de pós-controle presentes no PEQC. Segundo Martins (2013) espécies que são atrativas à fauna são as mais recomendadas para a restauração de áreas degradadas, devido ao fato dessas espécies servirem como poleiros no estágio adulto, servindo como e fonte de alimentos. Além disso, a fauna desloca-se a grandes distâncias, espalhando as sementes de outros fragmentos e as dispersando no local e nas áreas ao redor, auxiliando o processo de sucessão.

A dispersão de sementes é considerado um processo propulsor para o desenvolvimento da sucessão ecológica, além disso, o comportamento do animal em transportar as sementes e então plantá-las em novos ambientes é de fundamental importância na recuperação de áreas que não têm banco de sementes e plântulas ativos, o que pode ser o caso de áreas infestadas por gramíneas exóticas invasoras (REIS e KAGEYAMA, 2003).

A predominância de espécies pioneiras pode ser explicada pelo histórico de degradação da área de estudo. O grupo das pioneiras possui ampla capacidade para o desenvolvimento em áreas degradadas e abertas, realidade encontrada no local. Além disso, estas espécies podem produzir um grande número de sementes, sendo dispersas tanto por animais, quanto por vetores abióticos, formando um banco de sementes com viabilidade por longos períodos de tempo (SOUZA, 2015). Espera-se que haja a diminuição da porcentagem de espécies pioneiras ao longo do avanço da sucessão ecológica, aumento assim a porcentagem de espécies não pioneiras e de sub-bosque.

A regeneração natural de espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreas em áreas invadidas ocorre lentamente após as ações de manejo à novas reintroduções das espécies exóticas invasoras (OGDEN e REJMANEK, 2005). Dessa forma, podemos esperar que a sucessão das

espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreas no PEQC está iniciando positivamente e que com o passar do tempo da sucessão a regeneração comece a se manifestar mais satisfatoriamente.

Nas tabelas 13, 14, 15 e 16 são apresentados os parâmetros fitossociológicos calculados para cada tratamento.

Tabela 13 - Parâmetros fitossociológicos das espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreo amostradas na regeneração natural para o Tratamento Resíduos lenhosos (T1) em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

(continua)

Espécies	N° Ind.	DR	FA	FR
<i>Psidium cattleyanum</i> Sabine	13	14,44	40	5,13
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	11	12,22	60	7,69
<i>Psidium guajava</i> L.	10	11,11	100	12,82
<i>Chromolaena pedunculosa</i> (Hook. & Arn.) R.M.King & H.Rob.	9	10	60	7,69
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	8	8,89	40	5,13
<i>Lantana</i> sp.	8	8,89	40	5,13
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	6	6,67	80	10,26
<i>Myrsine parvula</i> (Mez) Otegui	4	4,44	40	5,13
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk	4	4,44	40	5,13
<i>Austroeupatorium inulaefolium</i> (Kunth) R.M.King & H.Rob.	3	3,33	40	5,13
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	3	3,33	40	5,13
<i>Luehea divaricata</i> Mart	3	3,33	40	5,13
<i>Chromolaena laevigata</i> (Lam.) R.M.King & H.Rob.	2	2,22	40	5,13
<i>Cestrum strigillatum</i> Ruiz & Pav.	2	2,22	40	5,13
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	1	1,11	20	2,57

Tabela 13 - Parâmetros fitossociológicos das espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreo amostradas na regeneração natural para o Tratamento Resíduos lenhosos (T1) em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

(conclusão)

Espécies	N° Ind.	DR	FA	FR
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1	1,11	20	2,57
<i>Allophylus edulis edulis</i> (A.St.-Hil. Et al.) Hieron. Ex Niederl.	1	1,11	20	2,57
<i>Solanum aculeatissimum</i> Jacq.	1	1,11	20	2,57
Total	90	100	780	100

Onde: N° Ind = número de indivíduos amostrados; DR = densidade relativa (%); FA= Frequência absoluta; FR = frequência relativa (%).

Tabela 14 - Parâmetros fitossociológicos das espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreo amostradas na regeneração natural para o Tratamento Cascas de arroz (T2) em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

(continua)

Espécies	N° Ind.	DR	FA	FR
<i>Psidium guajava</i> L.	44	44,90	100	17,85
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	11	11,23	60	10,71
<i>Chromolaena pedunculosa</i> (Hook. & Arn.) R.M.King & H.Rob.	9	9,18	40	7,14
<i>Austroepatorium inulaefolium</i> (Kunth) R.M.King & H.Rob.	6	6,12	60	10,71
<i>Chromolaena laevigata</i> (Lam.) R.M.King & H.Rob.	6	6,12	40	7,14
<i>Lantana</i> sp.	6	6,12	40	7,14
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	4	4,08	20	3,57
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	4	4,08	80	14,29
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	2	2,04	20	3,57
<i>Solanum aculeatissimum</i> Jacq.	2	2,04	20	3,57

Tabela 14 - Parâmetros fitossociológicos das espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreo amostradas na regeneração natural para o Tratamento Cascas de arroz (T2) em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

(conclusão)				
Espécies	Nº Ind.	DR	FA	FR
<i>Baccharis spicata</i> (Lam.) Baill.	1	1,02	20	3,57
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	1	1,02	20	3,57
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1	1,02	20	3,57
<i>Myrsine parvula</i> (Mez) Otegui	1	1,02	20	3,57
Total	98	100	560	100

Onde: Nº Ind = número de indivíduos amostrados; DR = densidade relativa (%); FA= Frequência absoluta; FR = frequência relativa (%).

Tabela 15 - Parâmetros fitossociológicos das espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreo amostradas na regeneração natural para o Tratamento Espécies de cobertura (T3) em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

Espécies	Nº Ind.	DR	FA	FR
<i>Psidium guajava</i> L.	25	27,78	100	18,52
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	19	21,11	80	14,81
<i>Psidium cattleyanum</i> Sabine	11	12,22	40	7,41
<i>Chromolaena pedunculosa</i> (Hook. & Arn.) R.M.King & H.Rob.	8	8,88	40	7,41
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	7	7,78	40	7,41
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	7	7,78	60	11,11
<i>Chromolaena laevigata</i> (Lam.) R.M.King & H.Rob.	5	5,56	60	11,11
<i>Lantana</i> sp.	3	3,33	40	7,41
<i>Austroeuatorium inulaefolium</i> (Kunth) R.M.King & H.Rob.	2	2,22	20	3,70
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	2	2,22	40	7,41
<i>Cestrum strigillatum</i> Ruiz & Pav.	1	1,11	20	3,70
Total	90	100	540	100

Onde: Nº Ind = número de indivíduos amostrados; DR = densidade relativa (%); FA= Frequência absoluta; FR = frequência relativa (%).

Tabela 16 - Parâmetros fitossociológicos das espécies subarbustivas e arbustivo-arbóreo amostradas na regeneração natural para o Tratamento Controle (T4) em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

Espécie	N° Ind.	DR	FA	FR
<i>Psidium guajava</i> L.	50	43,86	100	14,28
<i>Chromolaena laevigata</i> (Lam.) R.M.King & H.Rob.	17	14,91	100	14,28
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	16	14,03	100	14,28
<i>Austroeupatorium inulaefolium</i> (Kunth) R.M.King & H.Rob.	8	7,02	60	8,57
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	6	5,26	60	8,57
<i>Chromolaena pedunculosa</i> (Hook. & Arn.) R.M.King & H.Rob.	3	2,63	40	5,71
<i>Allophylus edulis edulis</i> (A.St.-Hil. Et al.) Hieron. Ex Niederl.	3	2,63	40	5,71
<i>Lantana</i> sp.	3	2,63	40	5,71
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	2	1,75	40	5,71
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	2	1,75	40	5,71
<i>Baccharis spicata</i> (Lam.) Baill.	1	0,88	20	2,86
<i>Luehea divaricata</i> Mart	1	0,88	20	2,86
<i>Cestrum strigillatum</i> Ruiz & Pav.	1	0,88	20	2,86
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	1	0,88	20	2,86
Total	114	100	700	100

Onde: N° Ind = número de indivíduos amostrados; DR = densidade relativa (%); FA = Frequência absoluta; FR = frequência relativa (%).

No tratamento Resíduos lenhosos (T1) a espécie com maior densidade foi *Psidium cattleyanum* (14,11%), seguida por *Schinus terebinthifolia* (12,22%). Já as espécies mais frequentes para T1 foram: *Psidium guajava* e *Peltophorum dubium* com valores de 12,82% e 10,26% respectivamente.

Ao representar a espécie com maior densidade no tratamento mais indicado para abafar a gramínea exótica invasora em área de pós-controle, *P. cattleyanum* também serve como indicadora do sucesso da sucessão ecológica presente no local. Sendo uma espécie Secundária inicial demonstra que já há a formação de um microclima ideal, formado a partir da presença de espécies pioneiras, para o estabelecimento de espécies não pioneiras (SILVA et al., 2020).

Além disso, tanto *Psidium cattleyanum* quanto *Schinus terebinthifolia* apresentam síndromes de dispersão zoocórica e são consideradas espécies chaves para a restauração de

áreas degradadas. Espécies chaves facilitam o retorno dos processos ecológicos, por conterem frutos e flores atrativos à fauna (DAVIDE et al., 2015).

Silva et al. (2019) ao estudar o potencial de diferentes espécies para a restauração ecológica em matas ciliares na Mata Atlântica do Rio Grande do Sul, conclui que dentre 10 espécies, *Psidium cattleianum* e *Schinus terebinthifolia* foram as duas primeiras a apresentarem padrões fenológicos de frutificação e floração, evidenciando o quanto essas espécies podem auxiliar na sucessão ecológica e retorno de processos e serviços ecossistêmicos em áreas invadidas. Espécies que têm uma permanência elevada de floração e frutificação ao longo do ano são consideradas de grande relevância para a dinâmica das populações e para a própria sobrevivência das espécies, além de auxiliarem no retorno dos processos ecológicos (HOMEN, 2011).

Por outro lado, nos tratamentos Cascas de arroz (T2), Espécies de cobertura (T3) e Tratamento Controle (T4) A espécie com maior densidade e frequência relativas foi *Psidium guajava*.

P. guajava é uma árvore exótica invasora com distribuição global (RICHARDSON e REJMANÉK, 2011), sendo listada na Base Nacional de Espécies Exóticas Invasoras no Brasil (HÓRUS, 2021). A espécie tem como características a colonização de áreas abandonadas e a formação de maciços monoespecíficos (ZAHAWI e AUGSPURGER, 1999).

A razão de esta espécie ser tão presente nas áreas de pós-controle do PEQC pode ser explicada principalmente pela capacidade de rebrota, alta produção de sementes e pela sua dispersão zoocórica (BERENS, 2008).

Desta forma, fica evidente a diferença do Tratamento Resíduos lenhosos em relação aos demais tratamentos, quando analisada a composição da regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas. Com esta análise podemos confirmar que o melhor tratamento para o favorecimento da sucessão ecológica em áreas de pós-controle de braquiária, bem como para o impedimento de novas investidas da gramínea exótica invasora é o T1.

Referindo-se ao estrato herbáceo, após um ano da instalação do experimento, foram amostrados 2.122 indivíduos regenerantes, distribuídos em 40 espécies e pertencentes a 17 famílias botânicas (Tabela 17).

Tabela 17 - Ocorrência de espécies regenerantes do estrato herbáceo amostradas por famílias botânicas e classificadas quanto a origem em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

(continua)

Família/espécie	T1	T2	T3	T4	O
ACANTHACEAE					
<i>Ruellia</i> sp.	2	0	0	0	N
APIACEAE					
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	3	2	4	7	E
<i>Cyclospermum leptophyllum</i> (Pers.) Sprague ex Britton & P.Wilson	10	10	10	107	N
<i>Eryngium elegans</i> Cham. & Schtdl.	0	12	3	13	N
ASTERACEAE					
<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	0	0	0	14	N
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	0	0	12	0	N
<i>Bidens pilosa</i> L.	0	2	4	5	E
<i>Chaptalia nutans</i> (L.) Pol.	8	0	2	2	N
<i>Elephantopus mollis</i> Kunth	0	0	0	1	N
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd.	0	12	14	2	N
<i>Hypochaeris</i> sp.	0	0	3	1	N
<i>Mikania cordifolia</i> (L.f.) Willd	5	2	16	9	N
<i>Orthopappus angustifolius</i> (Sw.) Gleason	0	0	1	0	N
<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.	1	0	5	7	N
<i>Senecio brasiliensis</i> (Spreng.) Less	0	0	2	2	N
<i>Solidago chilensis</i> Meyen	46	46	12	32	N
ASPARGACEAE					
<i>Asparagus setaceus</i> (Kunth) Jessop	0	0	0	3	E
COMMELINACEAE					
<i>Commelina</i> sp.	0	0	0	13	N
CONVOLVULACEAE					
<i>Dichondra sericea</i> Sw	153	148	19	140	N
<i>Ipomea</i> sp.	24	40	39	47	N
CYPERACEAE					
<i>Cyperus aggregatus</i> (Willd.) Endl.	2	9	10	19	N
<i>Cyperus sesquiflorus</i> (Torr.) Mattf. & Kuk.	3	0	6	2	N
FABACEAE					
<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.	81	93	37	99	N
IRIDACEAE					
<i>Sisyrinchium</i> sp.	2	2	0	1	N

Tabela 17 - Ocorrência de espécies regenerantes do estrato herbáceo amostradas por famílias botânicas e classificadas quanto a origem em área de pós-controle de *Urochloa* sp. no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, após 12 meses da instalação do experimento.

(conclusão)

LAMIACEAE					
<i>Ocimum</i> sp.	17	11	13	12	N
MALVACEAE					
<i>Sida rhombifolia</i> L.	0	8	3	8	N
OXALIDACEAE					
<i>Oxalis</i> sp.	16	8	20	24	N
PIPERACEAE					
<i>Piper</i> sp.	2	0	0	0	N
PLANTAGINACEAE					
<i>Plantago tomentosa</i> Lam.	1	1	1	11	N
POACEAE					
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P. Beauv.	9	20	1	59	E
<i>Eustachys distichophylla</i> (Lag.) Nees	1	0	0	5	N
<i>Paspalum umbrosum</i> Trin.	1	23	4	13	N
<i>Saccharum angustifolium</i> (Nees) Trin.	2	6	5	2	N
<i>Schizachyrium microstachyum</i> (Desv. ex Ham.) Roseng., B.R.Arrill. & Izag.	11	37	23	3	N
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	6	30	0	18	N
<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D.Webster	10	46	12	42	E
<i>Urochloa humidicola</i> (Rendle) Morrone & Zuloaga	3	11	5	12	E
<i>Zoysia japonica</i> Steud.	0	6	29	0	E
RUBIACEAE					
<i>Galianthe brasiliensis</i> (Spreng.) E.L.Cabral & Bacigalupo	3	2	11	3	N
VERBENACEAE					
<i>Verbena</i> sp.	4	14	14	20	N

Onde: T1= Tratamento Resíduos lenhosos; T2= Tratamento Cascas de arroz; T3 = Tratamento Espécies de cobertura; T4 = Tratamento Controle; O = origem (N = nativa e E = exótica).

As famílias que apresentaram maior riqueza de espécies herbáceas foram: Asteraceae (12), Poaceae (9), Apiaceae (3), Cyperaceae (2) e Convolvulaceae (2). As demais apresentaram apenas uma espécie por família.

Dentre as 40 espécies amostradas, 33 foram classificadas como nativas (82,5%) e sete como exóticas (17,5%).

As duas famílias mais representativas presentes na regeneração natural do estrato herbáceo são responsáveis por importantes serviços ecossistêmicos, devido a certas características, como: alta capacidade de regeneração em áreas antropizadas, conservação dos solos frágeis, manutenção da biodiversidade e ainda o fornecimento de alimento á fauna (BOLDRINI, 2009).

A composição do estrato herbáceo amostrado é composta por grande parte de espécies consideradas espontâneas e/ou ruderais. Estas espécies desempenham importante papel na restauração de ecossistemas degradados, pois são as primeiras espécies a se estabelecerem e realizam a cobertura inicial do solo (DEPRÁ, 2018). Além disso, a elevada abundância de espécies ruderais presentes na sucessão ecológica da área de estudo beneficia o retorno de um processo ecológico importantíssimo, a polinização. Isso acontecesse, pois auxiliam na manutenção de polinizadores fornecendo recursos o ano todo aos habitats. Dessa forma, haverá recursos para os polinizadores chegarem até a área degradada e com o tempo polinizarem espécies de outros estratos (FRAGOSO, 2014). De acordo com Hummel (2019), que estudou a importância das espécies ruderais na restauração florestal no Bioma Mata Atlântica, com o passar da sucessão ecológica, estas espécies deixaram de existir, mas não antes de atraírem a fauna, aumentarem a biomassa e matéria orgânica presentes no solo, melhorarem o microclima, potencializando a sucessão e auxiliando no retorno dos processos ecológicos dessas áreas.

7.4 CONCLUSÃO

Planejar e traçar estratégias que reduzam a recolonização de gramíneas exóticas invasoras em áreas de pós-controle tonam-se ações de suma importância para que haja a potencialização da sucessão ecológica dessas áreas.

A partir do cenário encontrado de novas investidas de braquiária, mesmo após o fim da execução das ações de manejo e controle na área de estudo, concluímos que o uso de estratégias de biomassas é eficiente tanto no abafamento da gramínea exótica invasora, quanto no favorecimento da sucessão ecológica de espécies nativas. Sendo que o tratamento mais eficaz é o tratamento “Resíduos lenhosos” (T1).

Indicamos que após a implementação da estratégia de biomassa de resíduos lenhosos, seja instalado técnicas ativas de restauração para potencializar a relação planta-animal e, conseqüentemente, favorecer a sucessão ecológica em áreas de pós-controle de gramíneas exóticas invasoras.

7.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo César; GONÇALVES, José Leonardo Moraes. Köppen's climate classification map for Brazil, **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG IV). **An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV**. Botanical Journal of the Linnean Society, n. 181, p. 1 – 20, 2016.

ASSIS, Geissianny. B. *et al.* Effectiveness and costs of invasive species control using different techniques to restore cerrado grasslands. **Restoration Ecology**, v. 29, n.1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.13219>

BAPTISTELLA, João Leonardo Corte *et al.* Urochloa in Tropical Agroecosystems. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v.4, p.119. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00119>

BERENS, Dana Gertrude *et al.* Exotic guavas are foci of forest regeneration in Kenyan farmland. **Biotropica**, v.40, n.1, p.104-112, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00338.x>

BOLDRINI, Ilsi Lob. A flora dos campos do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, Valério. de. Patta *et al* (Ed). Campos Sulinos. Brasília/DF. 2009. p. 63-77. ISBN 978-85-7738-117-3.

BOOTH, D. Terrance; COX, Samuel E.; BERRYMAN, Robert. D. Point sampling digital imagery with 'SamplePoint'. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 123, n. 1, p. 97- 108, 2006. Disponível em: <https://www.webpages.uidaho.edu/range357/assignments/Sample_Point_article.pdf> Acesso em 20 out. 2021.

BROOKS, Kristini. J. *et al.* Exotic grass invasions: Applying a conceptual framework to the dynamics of degradation and restoration in Australia's tropical savannas. **Restoration Ecology**, v.18, n. 2, p.188–197. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2008.00470.x>

BUTCHART, Stuart H. M. *et al* Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines. **Science**, v. 328, n. 5982, p. 1164–1168, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1187512>

BROSSARD, Michel; BARCELLOS, Alexandre de Oliveira. Conversão do Cerrado em pastagens cultivadas e funcionamento de latossolos. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 22, n. 1, p. 153–168, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2005.v22.8694>

CLAVEL, Pablo. Siller. **Áreas vulnerables a invasión de gramíneas exóticas invasoras em México en escenarios climáticos actuales y futuros**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidad autónoma de Chihuahua, México, 2021.

CEZIMBRA, Luna Dallagnol; PORTO, Ana Boeira; OVERBECK, Gerhard. Ernst. Invasão por gramíneas exóticas em campos sobre paleodunas: efeitos na diversidade florística.

Oecologia Australis, V. 25, n. 4, p. 821–833, 2021. DOI:
<https://doi.org/10.4257/oeco.2021.2504.03>

DAVIDE, A. C *et al.* Fatores que afetam a qualidade de mudas destinadas aos projetos de restauração de ecossistemas florestais. In: DAVIDE, A. C; BOTELHO, S. A. **Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais**. Lavras, UFLA, p 181-274, 2015.

DEPRÁ, Mariana. Scaramussa. **Interações plantas-visitantes florais em áreas de restinga: estrutura e redes ecológicas**. 2018. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos naturais) - Universidade Estadual do Norte fluminense, RJ, 2018.

FERREIRA, Otoniel Geter Lauz. **Ecofisiologia da regeneração de espécies espontâneas do banco de sementes do solo em campo nativo submetido a diferentes sistemas de cultivo**. 2006. Tese (Doutorado em zootecnia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. 2006.

FRAGOSO, Fabiana. Palmeira. **Restabelecimento das interações entre plantas e visitantes florais em áreas restauradas de Floresta Estacional Semidecidual**. 2014. Tese (Doutorado em ciências) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto SP. 2014.

GARCÍA DÍAZ, Marta. **Detección de especies potencialmente toxígenas de *Aspergillus* y *Fusarium* en maíz y avena. Diseño de nuevas estrategias sostenibles para su control**. 2020. Tese (Doctoral en Microbiología y Parasitología) 2020 - Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2020.

GISI, Sabino de *et al.* Characteristics and adsorption capacities of low-cost sorbents for wastewater treatment: A review. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 9, p. 10–40, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2016.06.002>

HOMEN, Márcio das Neves Gusmão. **Padrões fenológicos em ecossistemas em processo de restauração e em fragmento florestal vizinho**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, SP, 2011.

HUMMEL, Rafaela Badinelli. **Para além do dossel: restauração florestal baseada em processos ecológicos**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manuais Técnicos em Geociências: Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro. v. 1. 2012. ISBN 978-85-240-4272-0

INSTITUTO HÓRUS. **Base de dados de espécies exóticas invasoras do Brasil**, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, Florianópolis – SC. Disponível em: <http://bd.institutohorus.org.br/> Acesso em: 02 de outubro de 2021.

MALLMANN, Caroline. **Ações de manejo e controle de plantas exóticas invasoras no parque estadual quarta colônia**. Secretaria Estadual do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMA RS, 2018. Disponível em:
<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201812/04110510-acoes-de-manejo-e-controle->

de-plantas-exoticas-invasoras-no-parque-estadual-da-quarta-colonia.pdf. Acesso em: 22/01/2022.

MAULI, Márcia Maria. **Manejo da cultura da sola e plantas invasoras sob cobertura vegetal de aveia preta, ervilhaca comum e nabo forrageiro**. 2009 Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2009.

MARTINS, Sebastião Venâncio et al. Uma abordagem sobre a diversidade e técnicas de restauração ecológica. In: MARTINS Sebastião Venâncio (Editor). *Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados*. Viçosa, MG: UFV, p. 19-41, 2015.

MIYAMURA, F. Z. et al. Influência de espécies exóticas invasoras na regeneração natural de um fragmento florestal urbano. **Scientia Plena** 15, 082401. 2019.

MUELLER-DOMBOIS, Dieter; ELLENBERG, Heinz. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Wiley, New York. 547 p. 1974. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/213332>

OGDEN, Jennifer A. Erskine; REJMÁNEK, Marcel. Recovery of native plant communities after the control of a dominant invasive plant species, *Foeniculum vulgare*: implications for management. *Biological Conservation*, v.125, p.427-439. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.03.025>

PIAZZA, Eliara. **Levantamento fitossociológico e etnobotânico como ferramenta par o uso sustentável e conservação dos recursos florestais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 128 p. 2015.

PIJL, Van. Der. **Principles of dispersal in higher plants**. 3. ed. New York: Springer-Verlag, 1982. ISBN 3-540-05881-8

PRADO, Diego de Almeida; MALLMANN, Caroline; FILHO, Waterloo Pereira. Índice de vegetação por diferença normalizada para caracterização da dinâmica florestal no parque estadual Quarta Colônia, estado do Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v.08, n. 05.15 p. 2015. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150080>

RIBEIRO, Gabriela de Faria Oliveira Damasceno. **Invasões por gramíneas africanas e restauração de formações abertas de cerrado: uma abordagem de modelo de estado-e-transição**. 2022. Tese (Doutorado em ecologia, evolução e biodiversidade) - Universidade Estadual Paulista. Rio Claro SP, 2022.

RICHARDSON, Deivid M; REJMANÉK, Marcel. Trees and shrubs as invasive alien species – a global review. **Diversity and Distributions**, v.17, p.788–809, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00782.x>

REIS, Ademir; KAGEYAMA, Paulo Yoshio. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA, Paulo Yoshio *et al.* **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu:FEPAF, p. 91-110, 2003.

REFLORA. **Flora do Brasil 2020**. Disponível em:

<<https://reflora.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do#CondicaoTaxonCP>>. Acesso em: 23 fev. 2021.

RODRIGUES, Ricardo R; LIMA, Renato A. F; GANDOLFI, Sérgio; NAVE, André. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biol Conserv**, v. 142, p.1242–1251, 2009. DOI: doi:10.1016/j.biocon.2008.12.008

ROVEDDER, Ana Paula Moreira *et al.* Natural Regeneration in a Conservation Unit: Subsidy for Restoration Actions. **Floresta e ambiente**, v. 25, p. 1-10. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.082117>

SILVA, Marcela Peuckert Kamphorst Leal da *et al.* Desenvolvimento inicial e fenologia em núcleos de restauração no bioma Mata Atlântica, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i1a5612>.

SILVA, Lucas Galdino *et al.* Florística, fitossociologia e caracterização ecológica numa área de capoeirão do Cabo de Santo Agostinho, Pernambuco. **Braz. J. of Develop**, v. 6, n.6, p. 34519-34540, 2020. DOI:10.34117/bjdv6n6-118

SOUZA FILHO, A. P. **Alelopatia e as plantas**. Belém: EMBRAPA. 159p. 2006. ISBN: 85-87690-13-2.

SOUZA, Jhoni Caetano de. **Regeneração natural da comunidade arbórea da Floresta Ombrófila Densa Montana do Parque Estadual da Serra Furada, Sul de Santa Catarina, Brasil**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas) – Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2015.

TOKURA, Luciane Kazue; NÓBREGA, Lúcia Helena Pereira Alelopatia de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 379-384. 2006 Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3030/303026570006.pdf>. Acesso em: 18/03/2022.

VALLE, Cassilda. Borges do; JANK, Liana; RESENDE, Rosangela. Maria. Simeão. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Ceres**, v. 5, n.4, p. 460–472, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226808013.pdf>. Acesso em: 18/02/2022.

VILA, Montserrat *et al.* How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European, cross-taxa assessment. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.8, n. 3, p. 135–144, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1890/080083>

ZAHAWI, R. A.; AUGSPURGER, C. K. Early plant succession in abandoned pastures in Ecuador. **Biotropica**, v.31, n.4, p.540-552, 1999. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2663894>. Acesso em: 14/03/2022.

ZILLER, Sandra Renate; DECHOUM, Michele De Sá. Plantas e Vertebrados Exóticos Invasores em Unidades de Conservação no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, n. 2, p. 4-31, 2013. DOI: <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.328>

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstra o importante papel do uso de diferentes tipos de biomassas no abafamento de gramíneas exóticas invasoras evitando novas investidas, bem como no favorecimento da regeneração de espécies nativas em áreas de pós-controle. Ao nos depararmos com o cenário de reintrodução das gramíneas invasoras, mesmo após o fim das ações de manejo e controle, buscamos planejar soluções práticas, de baixo custo e eficazes para resolver um problema real enfrentado pela Unidade de Conservação Parque Estadual Quarta Colônia.

O tratamento mais eficaz para as duas espécies de gramíneas exóticas invasoras estudadas (Capítulo I e Capítulo II) foi o T1 “Resíduos lenhosos”. Esta biomassa refere-se a um material comumente produzido no decorrer da execução de planos de manejo e controle em grandes áreas em larga escala, realidade encontrada no PEQC. Dessa forma, as toras das espécies lenhosas exóticas invasoras são trituradas, tornando-se um resíduo sem destinação. Assim, surgiu à ideia de reutilização do material, onde partes das espécies lenhosas invasoras são destinadas para abafar o seu próprio banco de sementes e de demais espécies exóticas invasoras presentes em áreas de pós-controle.

A regeneração natural está ocorrendo de maneira satisfatória, levando em consideração o grau de degradação das áreas e a maioria das espécies é dispersa por animais. Dessa forma, indicamos que, após a implementação da estratégia de biomassa de resíduos lenhosos, seja instalado técnicas ativas de restauração, como plantio em núcleos e poleiros artificiais, visando o enriquecimento de espécies e o aumento de chuva de sementes no local, potencializando a sucessão ecológica nessas áreas.

Ao nos propormos solucionar a problemática de invasão de duas gramíneas exóticas invasoras, não imaginávamos que encontraríamos outra problemática ligada a invasão nestas áreas. Além do capim-elefante e das duas espécies de braquiárias, foram amostradas outras espécies herbáceas exóticas e exóticas invasoras que devem ser foco de ações de manejo e controle em futuros estudos. Mas a maior surpresa foi nos depararmos com o elevado número de regenerantes do estrato arbustivo-arbóreas da espécie *Psidium guajava* recolonizando a área mesmo após as ações de controle físico e químico. Recomendamos que a espécie seja alvo preferencial para ações de manejo, a fim de diminuir a pressão de propágulos e de rebrotas que estão presentes nas áreas do PEQC e que podem estar influenciando diretamente na sucessão ecológica.

Podemos prever que tanto as gramíneas exóticas invasoras, quanto *Psidium guajava* podem dominar as áreas do PEQC, causando diversos impactos ambientais, se não houverem ações de controle, manejo e principalmente a aplicação de estratégias de pós-controle nesses locais.

Espera-se que com o desenvolvimento da presente pesquisa e que com os resultados encontrados, seja possível solucionar a problemática atual encontrada no PEQC. Acreditamos que os resultados gerados serão de fácil entendimento e com uma replicação viável para demais áreas que enfrentam essa problemática.

Ao final do processo de defesa da tese os dois Capítulos serão enviados às revistas para a publicação de dois artigos científicos. Planejam os que estes resultados sejam utilizados para elaboração de materiais mais acessíveis para que haja um trabalho de educação ambiental junto à comunidade do entorno do PEQC.

Salienta-se, portanto, a importância da realização de um diagnóstico e monitoramento precisos referentes à problemática de invasão biológica, de um planejamento e execução de planos de manejo e controle eficientes, do uso de estratégias que evitem novas investidas das espécies invasoras e da execução de um projeto de restauração ecológica com o uso de técnicas ativas, para que seja possível controlar de vez as espécies exóticas invasoras presentes nas Unidades de Conservação e demais áreas que sofram com essa grave problemática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz; SENTELHAS, Paulo César; GONÇALVES, José Leonardo Moraes. Köppen's climate classification map for Brazil, *Meteorologische Zeitschrift*. v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507.

BARBOSA, Elizabeth Gorgone. **Eficiência do manejo no controle de duas espécies de gramíneas exóticas invasoras em Cerrados Paulistas. 2009.** Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2009.

CEZIMBRA, Luna Dallagnol; PORTO, Ana Boeira; OVERBECK, Gerhard. Ernst. Invasão por gramíneas exóticas em campos sobre paleodunas: efeitos na diversidade florística. **Oecologia Australis**, V. 25, n. 4, p. 821–833, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2021.2504.03>

COUTINHO, André. Ganem; et al Effects of initial functional-group composition on assembly trajectory in savanna restoration. **Applied Vegetation Science**, v, 22, p. 61-70, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/avsc.12420>

FELKER, Roselene. Marostega; *et al.* Caracterização florística e estrutural de fragmento florestal na região central do RS. **Nativa**, v. 6, p. 73-78, 2018. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i1.4507>

FOXCROFT, Llewlyn; *et al.* Alien plant invasions in tropical and sub-tropical savannas: Patterns, processes and prospects. **Biol Invasions**, v. 2, p. 3913–3933, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9823-7>

GANN, G. D; *et al.* International principles and standards for the practice of ecological restoration second edition. **Restoration Ecology**, v. 27, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.13035>

GISP. 2007. Invasive alien species and protected areas A scoping report, part I. **The global invasive species programme**. 93p. (Acesso em 15/09/2021).

GROTKOPP, Eva; *et al.* Toward a causal explanation of plant invasiveness: seedling growth and life-history strategies of 29 pine (*Pinus*) species. **American Naturalist**, v. 159, p.396–419, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1086/338995>

HUMMEL, Rafaela Badinelli *et al.* Análise preliminar da invasão biológica por *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton em unidade de conservação no Rio Grande do Sul. **Cadernos de Pesquisa**, v. 26, n. 3, p. 14-26, 2014. DOI: <https://doi.org/10.17058/cp.v26i3.4855>

IPBES Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy. Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, German, 2019.

IUCN Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. 51st Meeting of Council, February 2000.

LEÃO, Tarcisio C. *et al.* **Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil: Contextualização, Manejo e Políticas Públicas.** Centro de Pesquisas Edáficas do Nordeste e Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental - Recife, PE. 99 p., 2011. ISBN: 978-85-64352-00-1

MALLMANN, Caroline. **Ações de manejo e controle de plantas exóticas invasoras no parque estadual quarta colônia.** Secretaria Estadual do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMA RS, 2018. Disponível em:
<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201812/04110510-acoes-de-manejo-e-controle->

MARCUZZO, Suzane Bevilacqua. **Métodos e espécies potenciais à restauração de áreas degradadas no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.** 2012. 155 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

MARTIN, David. M. Ecological restoration should be redefined for the twenty-first century. **Restoration Ecology**, v. 25, n. 5, p. 668-673, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/rec.12554>

OGDEN, Jennifer A. Erskine; REJMÁNEK, Marcel. Recovery of native plant communities after the control of a dominant invasive plant species, *Foeniculum vulgare*: implications for management. **Biological Conservation**, v.125, p.427-439. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.03.025>

PRADO, Diego de Almeida; MALLMANN, Caroline; FILHO, Waterloo Pereira. Índice de vegetação por diferença normalizada para caracterização da dinâmica florestal no parque estadual Quarta Colônia, estado do Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v.08, n. 05.15 p. 2015. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150080>

PIAZZA, Eliara. **Levantamento fitossociológico e etnobotânico como ferramenta par o uso sustentável e conservação dos recursos florestais.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 128 p. 2015.

REID, Adele. M; *et al.* Does invasive plant management aid the restoration of natural ecosystems? **Biological Conservation**, v. 142, n. 10, p. 2342–2349, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.05.011>

RESENDE, Alexandre Silva de.; LELLES, Paulo Sérgio dos Santos. **Controle de plantas daninhas em restauração florestal.** Brasília, DF : Embrapa, 107p. 2017. ISBN 978-85-7035-661-1

ROVEDDER, Ana Paula Moreira *et al.* Natural Regeneration in a Conservation Unit: Subsidy for Restoration Actions. **Floresta e ambiente**, v. 25, p. 1-10. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.082117>

SAMPAIO, Alexandre Bonesso; SCHMIDT, Isabel Bellone. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, n. 2, p. 32-49, 2013. DOI: <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.351>

SEMA –RS Portaria n° 79/2013, reconhece a **Lista de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Rio Grande do Sul** e demais classificações, estabelece normas de controle e dá outras providências. 2013

STRECK, Edegar Valdir *et al.* **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; 2 ed, UFRGS, 2008. ISBN: 9788598842042

VALÉRY, Loik *et al.* In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself. **Biological Invasions**, v. 10, p. 1345-1351, 2008.

ZILLER, Sílvia Renate A **Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2000.

ZILLER, Sandra Renate; DECHOUM, Michele De Sá. Plantas e Vertebrados Exóticos Invasores em Unidades de Conservação no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, n. 2, p. 4-31, 2013. DOI: <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.328>