



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA –  
PPGRNA**

**VIVIANE VASCONCELOS CORRÊA**

**INFLUÊNCIA DO FOGO NA ESTRUTURA E DINÂMICA DA VEGETAÇÃO  
ARBUSTIVA-ARBÓREA EM MANCHA DE SAVANA ISOLADA NA AMAZÔNIA  
ORIENTAL**

**Santarém  
2019**

**VIVIANE VASCONCELOS CORRÊA**

**INFLUÊNCIA DO FOGO NA ESTRUTURA E DINÂMICA DA VEGETAÇÃO  
ARBUSTIVA-ARBÓREA EM MANCHA DE SAVANA ISOLADA NA AMAZÔNIA  
ORIENTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, junto ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.

Orientador: José Mauro Sousa de Moura

**Santarém  
2019**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

---

C824i

Corrêa, Viviane Vasconcelos

Influência do fogo na estrutura e dinâmica da vegetação arbustiva-arbórea em mancha de savana isolada na Amazônia Oriental / Viviane Vasconcelos Corrêa. – Santarém : UFOPA, 2019.

58 f.: il.

Inclui bibliografias.

Orientador: José Mauro Sousa de Moura

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação Tecnológica, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia.

1. Alter do Chão. 2. Fitossociologia. 3. Incêndio. I. Moura, José Mauro Sousa de, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 634.920981

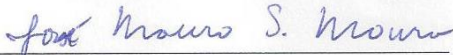
---


VIVIANE VASCONCELOS CORRÊA

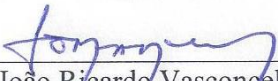
**INFLUÊNCIA DO FOGO NA ESTRUTURA E DINÂMICA DA VEGETAÇÃO  
ARBUSTIVA-ARBÓREA EM MANCHA DE SAVANA ISOLADA NA  
AMAZÔNIA ORIENTAL**


Dissertação apresentada à Universidade Federal do Oeste Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, junto ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.

Conceito: *Aprovado*  
Data de Aprovação *22/02/2019*

  
Dr. José Mauro Sousa de Moura (Orientador)  
Universidade Federal do Oeste do Pará

  
Dra. Adelaine Michela e Silva Figueira (Coorientadora)  
Universidade Federal do Oeste do Pará

  
Dr. João Ricardo Vasconcellos Gama  
Universidade Federal do Oeste do Pará

  
Dra. Susan Aragón  
Universidade Federal do Oeste do Pará

  
Dr. Tomas Ferreira Domingues  
Universidade de São Paulo

**Dedico aos meus pais,**

**Francisco Otaviano Figueira Corrêa  
Maria de Lourdes Vasconcelos Corrêa.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder todo conhecimento, força, perseverança e paz que precisei para terminar o curso de mestrado. A Ele toda honra e glória!

À Universidade Federal do Oeste do Pará, através do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia pela oportunidade de cursar o Mestrado, contribuindo para meu crescimento pessoal e profissional.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, que apoiou a realização deste trabalho.

Ao projeto Tropical biomes in transition (TROBIT) por ceder os dados estruturais da vegetação coletados em 2008.

Ao projeto PELD-Oeste do Pará (CNPq/Capes/FAPs/ BC-Fundo Newton/PELD nº 15/2016), por custear a logística necessária para o desenvolvimento desse trabalho.

À minha família por ser minha maior incentivadora. Amo cada um de vocês!

Ao meu esposo Renato Dourado, por todo amor, companheirismo, paciência e por fazer parte (diretamente) dessa conquista.

Ao professor Dr. José Mauro Sousa de Moura, por aceitar me orientar, pelas palavras sinceras, pela confiança, sou muito grata por tudo.

Ao professor Rodrigo Fadini, por todo apoio, por me acompanhar em campo, pelas maravilhosas sugestões, minha enorme gratidão!

À Dr<sup>a</sup> Albertina Lima, por ceder os dados de ocorrência de incêndios.

À Deliane Oliveira por ser verdadeira inspiração, obrigada pelas palavras de incentivo, pelas correções e ideias.

Aos professores João Ricardo Gama e Renato Ribeiro por todos ensinamentos ao longo da graduação em Engenharia Florestal, sem dúvida todo aprendizado adquirido no laboratório de Manejo de ecossistemas florestais tornou possível a concretização desse mestrado.

Aos auxiliares de campo Edivaldo Farias (Edi) e Deco por serem tão proativos e me ajudarem a superar com muito bom humor o “sol terrível” da Savana em Alter do Chão, “*onde só os fortes sobrevivem*”.

Aos verdadeiros amigos de campo, que aceitaram, com muita boa vontade, ir comigo realizar o inventário florístico sob o sol escaldante e calor castigador. Agradeço de coração aos que ajudaram a pintar, colocar placas, medir, entre tantas outras coisas: Arlison Castro, Ana

Caroline Costa, Fabiane Corrêa, Glória Cardoso, José Mauro, Juliana, Juliana Vinholte, Jhon, Rafael Muniz, Renato Dourado e Rodrigo Fadini, muito obrigada, vocês são maravilhosos!

Ao amigo (professor) Lucas Ximenes por emprestar suas turmas para que eu cumprisse o estágio docência, por todas as dicas e risos.

Ao amigo Elvis Ricardo por ter dedicado um pouco do seu tempo e me ajudado grandemente, muito obrigada!

Aos amigos da turma PPGRNA-2017, especialmente aos queridos: Priscila Batista, Jessé Gonçalves, Gleice Elen Machado e Markos Mota, com os quais dividi mais de perto as emoções do mestrado.

Aos membros da banca examinadora, Dr. João Ricardo Vasconcellos Gama, Dr. Susan Aragón e Dr. Tomas Ferreira Domingues, por aceitarem prontamente o convite de participação e pelas valiosas contribuições.

Enfim, agradeço a todos que de algum modo fizeram parte da minha vida ao longo desse período e que comemoram comigo.

Muito obrigada!

*“E tudo que fizerdes, seja em palavra, seja em ação, fazei-o em nome do Senhor Jesus, dando por Ele graças a Deus Pai.”*

Cl. 3:17



## RESUMO

O fogo tem causado mudanças nas populações e comunidades dos organismos da savana em Alter do Chão, por meio de efeitos diretos ou indiretos. Entretanto, ainda não está claro como a vegetação arbustiva-arbórea é afetada, porque estudos de monitoramento não haviam sido realizados até então. O objetivo desse estudo foi avaliar a estrutura da vegetação arbustiva-arbórea submetida a diferentes regimes de fogo em uma mancha de Savana Amazônica em Alter do Chão - PA. Simultaneamente, analisar as variações que ocorreram nessa vegetação no intervalo de dez anos, considerando o fogo como principal agente de mudança. A área de estudo está localizada entre a cidade de Santarém e o distrito de Alter do Chão, no Estado do Pará. Em 2008, foram alocadas duas parcelas permanentes de 1 ha cada uma (100 x 100 m), localizadas em áreas com ocorrência de fogo distintas, definidas como Savana com fogo (SCF) e Savana sem fogo (SSF). Foi realizado inventário florístico dos indivíduos arbustivos-arbóreos com diâmetro a 1,30 cm do solo (DAP)  $\geq 10$  cm, e essas parcelas foram avaliadas novamente em 2018 para análise da dinâmica da vegetação. Outras 12 parcelas retangulares de 10 x 250 m (0,25 ha) foram instaladas e todos indivíduos arbustivos-arbóreos com altura a partir de 2 metros e diâmetro a 30 cm do solo (D<sub>30</sub>) a partir de 5 cm foram mensurados. Em cada uma dessas parcelas, foi delimitada uma área de 1 m x 250 m, onde foram amostrados indivíduos com  $5 \text{ cm} < D_{30} \leq 2 \text{ cm}$ . O principal resultado obtido foi que o regime de fogo influenciou significativamente a estrutura atual da vegetação arbustiva-arbórea, reduzindo densidade e área basal dos indivíduos. Pode-se dizer que 45% da densidade e 44% da área basal atuais são explicados pelo número de incêndios ocorridos. A diversidade de espécies foi diferente entre as áreas analisadas e entre os períodos avaliados, mas em geral foi menor para a SCF e maior para SSF. A densidade e área basal foram maiores na SSF do que na SCF em ambos os períodos avaliados. As taxas de mortalidade superaram as taxas de recrutamento na savana de Alter do Chão, tanto na SCF quanto na SSF, o que resultou em balanço negativo entre essas taxas. Esse desbalanceamento não interferiu na ocorrência das espécies que apresentam densidade elevada e boa sobrevivência, essas conseguiram se destacar e dominar o ambiente. Em 2008, na SCF as espécies *Salvertia convallariodora*, *Himatanthus drasticus*, *Anacardium occidentale*, *Byrsonima crassifolia* e *Vatairea macrocarpa* foram as mais importantes, enquanto na SSF as espécies *Salvertia convallariodora*, *Qualea grandiflora*, *Pouteria ramiflora*, *Byrsonima crassifolia* e *Handroanthus sp.* foram as mais importantes. Em 2018, na SCF as espécies *Salvertia convallariodora*, *Himatanthus drasticus*, *Anacardium occidentale*, *Byrsonima crassifolia*, *Byrsonima coccolobifolia* foram as mais importantes, enquanto na SSF as espécies *Salvertia convallariodora*, *Qualea grandiflora*, *Pouteria ramiflora*, *Byrsonima crassifolia*, *Tachigali vulgaris*, *Himatanthus drasticus*, *Xylopia aromatica* e *Simarouba amara* foram as mais importantes. Considerando a estrutura observada na SCF e SSF em 2008, apesar das mudanças, as comunidades estudadas apresentaram elevada estabilidade, mantendo sua estrutura e diversidade de espécies ao longo do tempo.

**Palavras-chave:** Alter do Chão. Mudanças estruturais. Fitossociologia. Incêndios.

## ABSTRACT

Fire has caused changes in the populations and communities of savannas in Alter do Chão, through direct or indirect effects. However, it is not yet clear how the shrub-tree vegetation is affected, because monitoring studies had not been carried out until then. The objective of this study was to evaluate the structure of the shrub-tree vegetation submitted to different fire regimes in an isolated Amazon Savannah in Alter do Chão - PA. Simultaneously, to analyze the variations that occurred in this vegetation in the interval of ten years, considering the fire as main agent of change. The study area is located between the city of Santarém and the district of Alter do Chão, in the State of Pará. In 2008, two permanent plots of 1 ha each (100 x 100 m) were located in areas with defined as Savana with fire (SCF) and Savana without fire (SSF). A floristic inventory was carried out of the shrub-arboreal individuals with diameter at 1.30 cm of soil (DBH)  $\geq 10$  cm, and these plots were evaluated again in 2018 for analysis of vegetation dynamics. Another 12 rectangular plots of 10 x 250 m (0.25 ha) were installed and all shrub-tree individuals with height from 2 meters and diameter to 30 cm from the soil (D30) from 5 cm were measured. In each of these plots, an area of 1 m x 250 m was delineated, where individuals with 5 cm  $<D30 \leq 2$  cm were sampled. The main result was that the fire regime significantly influenced the current structure of the shrub-tree vegetation, reducing the density and basal area of the individuals. It can be said that 45% of the current density and 44% of the basal area are explained by the number of fires occurred. The species diversity was different between the analyzed areas and between the evaluated periods, but was generally smaller for SCF and larger for SSF. The density and basal area were higher in SSF than in SCF in both evaluated periods. Mortality rates exceeded recruitment rates in the Alter do Chão savannah in both SCF and SSF, which resulted in a negative balance between these rates. This imbalance did not interfere with the occurrence of species with high density and good survival, which were able to stand out and dominate the environment. In 2008, the species *Salvertia convallariodora*, *Himatanthus drasticus*, *Anacardium occidentale*, *Byrsonima crassifolia* and *Vatairea macrocarpa* were the most important species, while in SSF the species *Salvertia convallariodora*, *Qualea grandiflora*, *Pouteria ramiflora*, *Byrsonima crassifolia* and *Handroanthus* sp. were the most important. In 2018, the species *Salvertia convallariodora*, *Himatanthus drasticus*, *Anacardium occidentale*, *Byrsonima crassifolia* and *Byrsonima coccolobifolia* were the most important species, while the species *Salvertia convallariodora*, *Qualea grandiflora*, *Pouteria ramiflora*, *Byrsonima crassifolia*, *Tachigali vulgaris*, *Himatanthus drasticus*, *Xylopia aromatica* and *Simarouba amara* were the most important. Considering the structure observed in SCF and SSF in 2008, despite the changes, the studied communities showed high stability, maintaining their structure and diversity of species over time.

**Keywords:** Alter do Chão. Structural changes. Phytosociology. Fires.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das unidades amostrais, savanas de Alter do Chão, Pará. ....	21
Figura 2 - Unidade amostral utilizada para coleta de dados de mudanças estruturais e dinâmica da vegetação (a). Unidade amostral utilizada para coleta de dados da estrutura da vegetação de savana (b), Alter do Chão, Santarém, Pará.....	22
Figura 3 – Amostra Savana com fogo (SCF) (a); Adensamento de plantas em amostra Savana sem fogo (SSF) (b), Alter do Chão, Pará. ....	23
Figura 4 - Mapa de densidade de focos de calor ao longo de 20 anos (1998-2018) com a localização das parcelas, Savana de Alter do Chão, Pará. Dados: INPE, Prefeitura de Santarém-PA. Elaboração: Elvis F. Branco, utilizando Software ArcGis 10.6. .	24
Figura 5- Distribuição da densidade absoluta (DA) e da área basal (AB) pelas classes de diâmetro (Intervalo de Classes = 5 cm) dos indivíduos vivos da SCF, nos anos 2008 e 2018, Alter do Chão. Barras = Densidade Absoluta; Linhas = Área Basal. ....	39
Figura 6 - Distribuição da densidade absoluta (DA) e da área basal (AB) pelas classes de diâmetro (Intervalo de Classes = 5 cm) dos indivíduos vivos da SSF, nos anos 2008 e 2018, Alter do Chão. Barras = Densidade Absoluta; Linhas = Área Basal. ....	39
Figura 7 - Distribuição da densidade absoluta (DA) pelas classes de altura (Intervalo de Classes = 2 m) dos indivíduos vivos da SCF e SSF, nos anos 2008 e 2018, Alter do Chão. ....	40
Figura 8 - Mudanças estruturais e dinâmica por classe de diâmetro na savana de Alter do Chão, Pará. ....	42
Figura 9 - Relação entre densidade de indivíduos e número de incêndios (NF) ao longo de 20 anos (a). Relação entre densidade de indivíduos e tempo de retorno de fogo (TRF) ao longo de 20 anos (b), Alter do Chão. ....	43
Figura 10 - Relação entre área basal e número de incêndios (NF) ao longo de 20 anos (a). Relação entre área basal e tempo de retorno de fogo (TRF) ao longo de 20 anos (b), Alter do Chão, Pará. ....	44
Figura 11 - Relação entre biomassa e número de incêndios (NF) ao longo de 20 anos (a). Relação entre biomassa e tempo de retorno de fogo (TRF) ao longo de 20 anos (b), Alter do Chão, Pará. ....	44

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Espécies e suas respectivas famílias amostradas em 2 hectares na Savana de Alter do Chão, nos anos 2008 e 2018. Savana com fogo (SCF); Savana sem fogo (SSF).  
.....27
- Tabela 2 – Índices estruturais e de diversidade para indivíduos com DAP  $\geq 10$  cm amostrados na savana de Alter do Chão.....30
- Tabela 3 - Parâmetros fitossociológicos para as espécies arbustiva-arbóreas amostradas na SCF, em Alter do Chão, 2008 e 2018. Densidade absoluta (DA, n ha<sup>-1</sup>), Dominância absoluta (DoA, m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), Índice de valor de cobertura (VC, %)......31
- Tabela 4 - Parâmetros fitossociológicos para as espécies arbustiva-arbóreas amostradas na SSF, em Alter do Chão, 2008 e 2018. Densidade absoluta (DA, n ha<sup>-1</sup>), Dominância absoluta (DoA, m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), Índice de valor de cobertura (VC, %)......32
- Tabela 5 - Parâmetros de dinâmica expressos em números de indivíduos e área basal para SCF (Savana com fogo) e SSF (Savana sem fogo) no período de 2008 a 2018, Alter do Chão, PA. ....33
- Tabela 6 - Parâmetros de dinâmica (em número de indivíduos) das populações de espécies arbóreas ( $N \geq 1$ ), incremento periódico anual em diâmetro (IPA, cm.ano<sup>-1</sup>) e coeficiente de variação (CV, %) em Savana com fogo (SCF), no período de 2008 a 2018 em Alter do Chão, Pará. Sendo: N = número de indivíduos que permaneceram entre os levantamentos; m = taxa de mortalidade média anual (%.ano<sup>-1</sup>); r = taxa de recrutamento médio anual (%.ano<sup>-1</sup>); t<sub>1/2</sub> = meia vida (anos); t<sub>2</sub> = tempo de duplicação (anos); mu = taxa de mudança (%.ano<sup>-1</sup>). .....36
- Tabela 7 - Parâmetros de dinâmica (em número de indivíduos) das populações de espécies arbóreas ( $N \geq 1$ ), incremento periódico anual em diâmetro (IPA, cm.ano<sup>-1</sup>) e coeficiente de variação (CV, %) em Savana sem fogo (SSF), no período de 2008 a 2018 em Alter do Chão, Pará. Sendo: N = número de indivíduos que permaneceram entre os levantamentos; m = taxa de mortalidade média anual (%.ano<sup>-1</sup>); r = taxa de recrutamento médio anual (%.ano<sup>-1</sup>); t<sub>1/2</sub> = meia vida (anos); t<sub>2</sub> = tempo de duplicação (anos); mu = taxa de mudança (%.ano<sup>-1</sup>). .....37

## LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

DAP	Diâmetro do caule a 1,30 cm do solo, “Diâmetro a altura do peito”
D <sub>30</sub>	Diâmetro do caule a 30 cm do solo
E	Estabilidade
G	Ganho de área basal
H'	Índice de Shannon-Weaver
HSTM	Herbário da Universidade Federal do Oeste do Pará
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
M	Mortalidade
NF	Número de fogo
P	Perda de área basal
POPA	PELD do Oeste do Pará
PELD	Programa Ecológico de Longa Duração
R	Reposição
R <sub>c</sub>	Recrutamento
SF	Savana com fogo
SSF	Savana sem fogo
TRF	Tempo de retorno de fogo
TROBIT	Tropical biomes in transition
T <sub>1/2</sub>	Tempo de meia vida
T <sub>2</sub>	Tempo de duplicação
UFOPA	Universidade Federal do Oeste do Pará

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. Revisão Bibliográfica.....	15
1.1.1. Savanas Amazônicas .....	15
1.1.2. Formadores e modificadores da vegetação de savana.....	16
1.1.3. Estrutura e Dinâmica da vegetação .....	18
1.2. Objetivos .....	20
1.2.1. Objetivo geral.....	20
1.2.2. Objetivos específicos.....	20
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
2.1. Descrição da área de Estudo .....	20
2.2. Desenho amostral.....	21
2.3. Ocorrência de fogo.....	23
2.4. Estrutura da vegetação e diversidade .....	25
2.5. Dinâmica da vegetação .....	25
2.6. Análise Estatística.....	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
3.1. Influência do fogo e mudanças temporais na diversidade de espécies .....	26
3.2. Influência do fogo e mudanças na Fitosociologia .....	30
3.3. Parâmetros de dinâmica da vegetação arbustiva-arbórea .....	33
3.4. Mortalidade, recrutamento e crescimento por espécie.....	35
3.5. Influência do fogo e mudanças temporais nas distribuições de diâmetros e de alturas .....	38
3.6. Influência do fogo na estrutura da vegetação arbustiva-arbórea .....	42
4. CONCLUSÕES .....	46
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47
6. ANEXOS .....	59
6.1. Fórmulas .....	59
6.2. Fichas de campo.....	63

## 1. INTRODUÇÃO

As florestas tropicais ocupam cerca de 7% da cobertura terrestre e na Amazônia encontra-se a maior área contínua desse tipo de vegetação, abrangendo 7 milhões de quilômetros quadrados (Goulding, 2003; Allaby, 2006).

A região Amazônica é constituída por um mosaico complexo de fisionomias, resultantes da correlação de diversidade vegetal com heterogeneidade do clima, topografia, solos e hidrologia (Ferreira e Salati, 2000; Schubart, 2000; Albernaz, 2007). Dentre as principais formações, destacam-se as florestas de terra firme que ocupam 80% da Amazônia brasileira, e também as florestas alagáveis (6%; várzeas e igapós) e áreas de savana (de 3 a 4%) (Pires e Prance, 1985).

As Savanas Amazônicas são formações caracterizadas por apresentar formações vegetais abertas, com estrato herbáceo sempre presente, estrato arbustivo e/ou arbóreo pouco denso, que estão sujeitos a ação do fogo (Miranda, 1993; Magnusson et al., 2008; Torello-Raventos et al., 2013). Em um bioma dominado pela densa floresta, as Savanas estão distribuídas tanto nas fronteiras quanto no interior da região (Miranda, 1993), e são de grande valor para a conservação, abrigando flora e fauna únicas, com comunidades mistas de espécies de savanas e florestas, incluindo casos de endemismo (Barbosa et al., 2007).

Vários fatores podem ser considerados como formadores ou contribuintes da cobertura vegetal das savanas, sendo amplamente aceito que o clima, solos e incêndios são as principais forças que influenciam na ocorrência dessa formação (Oliveira-Filho e Ratter, 2002).

Nas Savanas do Brasil Central, já foi demonstrado que as espécies que compõem a flora são tolerantes ao fogo e muitas vezes dependentes dele (Coutinho, 1990; Braithwaite, 1996). Como as Savanas Amazônicas são consideradas áreas disjuntas do Cerrado, devido à similaridade florística e fisionômica, é válido considerar a importância de incêndios na manutenção da vegetação dessas formações na região Amazônica (Miranda, 1993; Ratter et al., 1997; Pennington et al., 2006, Magnusson et al., 2008).

A mancha de Savana em Alter do Chão faz parte da tipologia Savanas Amazônicas, e é uma das áreas savânicas mais bem pesquisadas de toda Amazônia (Carvalho e Mustin, 2017), graças à instalação de uma estrutura de pesquisa padronizada no final da década de 1990. Além de estudos que evidenciam algum aspecto das plantas (Miranda, 1993, 1995; Fadini e Lima, 2012; Torello-Raventos, 2013; Amaral et al.,

2017), outros grupos de organismos têm sido estudados nessas savanas nos últimos 20 anos, enfocando principalmente perguntas sobre o efeito do fogo na biodiversidade (Faria et al., 2004; Layme et al., 2004; Louzada et al., 2010). Em linhas gerais, o fogo tem causado mudanças nas populações e comunidades dos organismos da savana, por meio de efeitos diretos ou indiretos (Cintra et al., 2005; Magnusson et al., 2010). No entanto, ainda não está claro como a estrutura da vegetação arbustiva-arbórea é afetada, porque estudos de monitoramento não haviam sido realizados até então.

A importância de incêndios para manutenção das Savanas já foi reconhecida, mas a supressão do fogo nessas formações tem sido alvo de programas de sequestro de carbono, que não levam em consideração as consequências dessa ausência de fogo para a biodiversidade (Veldman et al., 2015). Nas Savanas do Brasil Central, a supressão de incêndios resultou em maior armazenamento de carbono, entretanto custou a perda em biodiversidade, devido a invasão da floresta em áreas ocupadas por savana, diminuindo a riqueza de espécies vegetais de savana e aumentando o risco de extinção local (Abreu et al., 2017).

Por outro lado, o fogo de origem antrópica se tornou um fator importante para perda de florestas, principalmente em áreas exploradas ou fragmentadas na Amazônia (Laurance et al., 2001). Nesse contexto, o aumento na utilização das áreas de savanas no Brasil para pastagem, agricultura, mineração de ouro é acompanhado pelo aumento da frequência de fogo (Sanaiotti et al., 2002). Dessa maneira, estudos sobre a vegetação de savana e sua relação com o fogo na Amazônia são essenciais para entender o funcionamento dessa formação, além de dispor de informações que podem ser utilizadas no manejo e conservação da paisagem.

Para o conhecimento sobre a vegetação que ocorre em determinado local são realizadas pesquisas sobre estrutura e diversidade de espécies. Esses estudos estruturais, também denominados de fitossociológicos, resultam em estudos científicos relevantes quando vinculados à análise de fatores ambientais ou antrópicos que determinam ou modificam a estrutura ou composição da vegetação (Durigan, 2009).

Aliado ao conhecimento fitossociológico está a dinâmica das comunidades vegetais, que estuda as variações que ocorrem na estrutura e composição florística ao longo do tempo e os fatores ambientais ou antrópicos que explicam essas alterações (Martins, 1991; 2003; Durigan, 2009).



O objetivo desse estudo foi descrever a relação entre o fogo e a estrutura e dinâmica da vegetação arbustiva-arbórea em uma mancha de savana isolada na Amazônia Oriental.

## **1.1. Revisão Bibliográfica**

### **1.1.1. Savanas Amazônicas**

As savanas tropicais ocupam áreas da África (65%), Austrália (60%) e América do Sul (45%), cobrindo uma área de 15 a 24,6 milhões de km<sup>2</sup> (Huntley e Walker, 1982; Silva e Bates, 2002).

A dimensão das áreas de savana na Amazônia Legal varia de 694.000 km<sup>2</sup> até 850.000 km<sup>2</sup> (Skole e Tucker, 1993; Fearnside e Ferraz, 1995), dependendo da inclusão ou exclusão de sistemas de vegetação pioneira, campinas e campinaranas no cálculo dessas áreas (Barbosa, 2001). Carvalho e Mustin (2017), estimaram que as Savanas Amazônicas ocupam uma área de aproximadamente 267.164 km<sup>2</sup>, quase 90% desse total ocorre na Bolívia e no Brasil, com áreas menores ocorrendo na Venezuela, Guiana e Suriname.

A distribuição das savanas é irregular, ocorrendo tanto nas fronteiras quanto no interior da Amazônia (Miranda, 1993). Sua fisionomia é caracterizada apresentar formações vegetais abertas, com estrato herbáceo sempre presente, estrato arbustivo e/ou arbóreo pouco denso, que estão sujeitos a ação do fogo (Miranda, 1993; Magnusson et al., 2008; Torello-Raventos et al., 2013).

No *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*, a savana foi subdividida em quatro subgrupos de formação: Florestada, Arborizada, Parque e Gramíneo-Lenhosa (IBGE, 2012). Para a região do Oeste do Pará, Coêlho et al. (1976) dividiram as savanas em três tipos: Savana Arbórea Densa (Cerradão), Savana Arbórea Aberta (Campo Cerrado) e Savana-Parque (Parque). Considerando as características descritas por esses autores, pode-se considerar que a Savana Arbórea Densa é equivalente à Savana Florestada e a Savana Arbórea Aberta correspondente à Savana Arborizada, de acordo com a classificação do IBGE (2012).

O questionamento sobre a origem das savanas no Bioma Amazônia gera muitas controvérsias, a partir de evidências climáticas e palinológicas, muitos autores passaram a considerar essa vegetação como relíquias da vegetação xerófita que predominou na Amazônia durante os períodos secos do Pleistoceno (van der Hammen, 1974; Absy e van der Hammen, 1976; Prance, 1978; Ab'Saber 1982). Sanaiotti et al. (2002) analisaram a

variação em profundidade dos isótopos estáveis de carbono da matéria orgânica do solo em sete áreas de savana e floresta na Amazônia, e para a região de Alter do Chão não foram identificadas grandes mudanças entre a cobertura vegetal que existiu no passado e a atual.

Quanto à sua flora, as savanas da Amazônia têm forte similaridade florística e fisionômica com o cerrado do Brasil Central, embora com uma menor riqueza e diversidade de espécies, sendo assim consideradas áreas disjuntas do Cerrado do Planalto Central (Miranda, 1993; Ratter et al., 1997; Pennington et al., 2006, Magnusson et al., 2008). As espécies *Curatella americana* L., *Qualea grandiflora* Mart., *Salvertia convallariodora* A.St.-Hil., *Byrsonima crassifolia* Kunth, *Byrsonima coccolobifolia* Kunth, *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e *Tocoyena formosa* (Cham. & Schltld.) K. Schum, são comumente encontradas na flora das Savanas da Amazônia (Miranda, 1993, 1995; Sanaiotti e Magnusson, 1995; Miranda et al., 2006; Magnusson et al., 2008).

As savanas do Oeste do Pará são classificadas como sazonais, do tipo úmidas (Sarmiento et al., 1985). Savanas Sazonais possuem uma estação seca definida e um solo bem drenado, raso, com baixa fertilidade e alto teor de alumínio disponível, fatores que restringem o crescimento da floresta (Sarmiento e Monasterio, 1975 modificado por Huntley e Walker, 1982). Em Alter do Chão alguns estudos sobre a cobertura vegetal e fitossociologia foram realizados de maneira a caracterizar o ambiente. Foi observado que a vegetação é periodicamente queimada, possui porte baixo, com altura média de 3 metros, e a máxima de 10 metros, com troncos tortuosos, córtex espesso e folhas coriáceas, não havendo formação de dossel e apresenta algumas moitas formadas pelo agrupamento dos estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo (Sanaiotti e Magnusson, 1995; Miranda, 1993; Magnusson et al., 2008).

### **1.1.2. Formadores e modificadores da vegetação de savana**

A estrutura gramínea-lenhosa presente nas savanas tropicais é determinada por diversos fatores, entre eles as interações dinâmicas entre as intensidades da ação do fogo, condições edáficas e pelas condições climáticas, principalmente a precipitação pluviométrica (Lacey et al., 1982).

Em escala global, a precipitação é o principal determinante para a cobertura vegetal, área basal ou biomassa (Walker e Langridge, 1997; Scholes et al., 2002; Sankaran et al., 2005; Bucini e Hanan, 2007). Estudos demonstram que a cobertura do dossel por

árvores aumenta linearmente com aumento da precipitação anual considerando níveis superiores a 200 mm por ano, enquanto que em níveis acima de 800 mm a cobertura de árvores pode atingir seu potencial máximo (Bond e Keeley, 2005; Sankaran et al., 2005). Entretanto, as savanas podem ser encontradas em um amplo gradiente de chuvas anuais, desde áreas com altos índices de precipitação a zonas climáticas com baixos índices de chuvas (Walker, 1985; Veenendaal et al., 2015).

Na região Amazônica, as savanas ocupam áreas com solos arenosos e precipitação anual maior que 2000 mm, um regime de chuvas que está associado à floresta (Sanaiotti et al., 2002; Lloyd et al., 2008; Torello-Raventos et al., 2013). De maneira semelhante, nas savanas do Brasil Central, as condições climáticas não são consideradas como um fator limitante para a vegetação, pois sob o mesmo clima tropical podem ocorrer densas florestas concomitantes com as áreas de Cerrado (Coutinho, 1982). Em contrapartida a cobertura vegetal dessas áreas é determinada, principalmente, pela ação do fogo e/ou distribuição de solos (Coutinho, 1976, 1978, 1982).

No que diz respeito ao fogo, nas Savanas do centro-oeste e sudeste, sua origem pode ser tanto natural devido ao elevado grau de ignição proporcionado pela vegetação, quanto de origem antrópica, quando utilizado na agricultura para limpeza de pastos, de áreas de culturas ou mesmo fogo induzido ou intencional (Raw e Hay, 1985).

Diversos fatores locais contribuem para o grau de ignição ou potencial de flamabilidade, como por exemplo déficit hídrico, temperatura do solo, duração do período seco, estrutura da vegetação e grau de intermitência do evento (Coutinho, 1982; Miranda et al., 2006). A propagação do fogo ocorre de maneira semelhante nas savanas tropicais, é caracterizada como incêndios acima do solo que consomem o combustível fino da camada herbácea (Miranda et al., 2002).

Alguns autores defendem a teoria da coexistência de savana e floresta em um mesmo local como “*alternative stable states*” modulados por feedbacks mediados pelo fogo (Warman e Moles, 2009; Hoffmann et al., 2012; Murphy e Bowman, 2012; Staver et al., 2011). Nesse caso, a recorrência regular de fogo evita que o ambiente se torne dominado por espécies florestais que são sensíveis ao fogo, em contrapartida, há predominância de um estrato graminóide e de árvores adaptadas ao fogo (Gignoux et al., 2009; Hoffmann et al., 2012; Murphy e Bowman, 2012). Isso pode ser evidenciado nas savanas do Brasil Central, onde a flora é composta por espécies tolerantes ao fogo e muitas vezes dependentes do fogo (Coutinho, 1990; Braithwaite, 1996).

Outros autores consideram que as condições edáficas podem ser particularmente importantes para influenciar a estrutura da vegetação tropical (Lloyd et al., 2009; Lehmann et al., 2011; Mills et al., 2013). Por exemplo, nas savanas os solos mais profundos e com boas características de retenção de água em profundidade permitem o estabelecimento de árvores perenes, que conseguem sobreviver a estação seca devido suas raízes serem longas e conseguirem alcançar a água mais profunda (Lloyd et al., 2009).

Além desses estudos, há pesquisas que investigam como a demanda de água pela planta e herbivoria influenciam na distribuição de cobertura vegetal (Bertram e Dewar, 2013; Pachzelt et al., 2013). No caso da herbivoria, quando aliada ao fogo, pode influenciar o equilíbrio competitivo entre gramíneas e árvores, determinando mudanças na estrutura da vegetação. Isso acontece quando animais herbívoros se alimentam das mudas de árvores, diminuindo sua colonização nas savanas, e, conseqüentemente, aumentando a biomassa de gramíneas que, por sua vez, ocasiona incêndios mais frequentes (van den Bergh, 2008; Augustine e McNaughton, 2004).

Assim, observa-se que vários fatores podem ser considerados formadores ou contribuintes da cobertura vegetal, não necessariamente um fator isolado, mais em conjunto influenciam a fisionomia das savanas. Dessa forma, é amplamente aceito que o clima, solos e incêndios são altamente interativos em seus efeitos sobre a vegetação das savanas do Brasil Central (Oliveira-filho e Ratter, 2002).

Pode-se inferir, ainda no contexto de interação entre os formadores da vegetação, que o clima sazonal favorece a ocorrência de fogo durante a estação seca quando a cobertura vegetal da savana é altamente inflamável. Os incêndios, por sua vez, podem impedir a sucessão vegetal e também causar empobrecimento do solo, uma vez que aceleram a mineralização da matéria orgânica e o ciclo dos nutrientes, tornando os solos mais inférteis e com menos água, restringindo o estabelecimento de espécies florestais (Miranda et al., 2002; Lloyd et al., 2009; Hoffmann et al., 2012; Franco et al., 2014).

### **1.1.3. Estrutura e Dinâmica da vegetação**

A vegetação é o elemento mais evidente de uma paisagem, é ela quem forma a fisionomia dos ecossistemas terrestres e oferece suporte à sobrevivência da fauna (Moro e Martins, 2011). A estrutura e dinâmica da vegetação fazem parte da Fitossociologia, um ramo da ecologia quantitativa de comunidades vegetais, que estuda as causas e efeitos da coabitação de plantas em dado ambiente, do surgimento, constituição e estrutura dos

agrupamentos vegetais e dos processos que implicam sua continuidade ou em sua mudança ao longo do tempo (Martins, 1991; 2003).

A estrutura da vegetação é a distribuição das principais características da vegetação no espaço, considerando, principalmente, a distribuição das espécies e a distribuição dos componentes da vegetação em classes de tamanho (Gadow et al., 2007). Em florestas naturais a análise da estrutura da vegetação compreende uma abordagem criteriosa da composição florística; dos parâmetros fitossociológicos das estruturas horizontal e vertical; das estruturas diamétricas, da área basal e do volume, além de abranger avaliações sobre a arquitetura da vegetação; agregação de espécies; iluminação e cobertura de dossel; porte e sanidade dos troncos das árvores ou arbustos (Souza e Soares, 2013).

Por sua vez, a dinâmica das populações vegetais pode ser definida como um processo de interação entre diversos fatores biológicos e físicos ao longo do tempo e no espaço produzindo mudanças na quantidade de plantas (Watkinson, 1997). Os estudos dos parâmetros de dinâmica em comunidades vegetais baseiam-se, principalmente, em quantificação da natalidade, mortalidade, recrutamento e crescimento, que são importantes para entender por que algumas espécies são mais raras e outras mais comuns, e quais processos são responsáveis por essa quantificação, além de permitir inferir sobre quais serão as respostas futuras da vegetação em relação às mudanças climáticas globais (Condit et al., 1992; Watkinson, 1997; Henriques e Hay, 2002).

Todo conjunto de informações sobre a estrutura da vegetação são essenciais na definição de políticas de conservação, nos planejamentos para recuperação de áreas degradadas, na produção de sementes e mudas, na identificação de espécies vegetais ameaçadas de extinção, determinação de espécies raras, identificação de habitats preferenciais das espécies, na avaliação de impactos e no licenciamento ambiental, dentre outros âmbitos (Brito et al., 2007).

Diversos fatores espaciais e temporais podem influenciar a composição e estrutura da vegetação, dentre eles destacam-se: produtividade e riqueza de recursos disponíveis (umidade e nutrientes), intensidade de predação, heterogeneidade espacial, adversidades ambientais, variação climática (temperatura) e distúrbios (fogo) (Townsend et al., 2010; Lehmann et al., 2014).

Devido a ampla distribuição das savanas tropicais, existe uma variedade de interações entre disponibilidade de umidade, temperatura, fogo e vegetação, e por meio dos atributos funcionais e estruturais das espécies lenhosas que dominam cada região é

que se determina a forma e a força das relações ecológicas da vegetação com esses condutores ambientais (Lehmann et al., 2014).

O fogo afeta as espécies de diferentes maneiras, alterando o ciclo de vida destas e conseqüentemente a composição florística da comunidade (Miranda et al., 2009). Quanto à ausência, experiências que suprimem o fogo em regiões em que ele ocorre de maneira natural, resultaram em diminuições na riqueza das espécies adaptadas ao fogo, aumento na ocorrência de espécies florestais e aumento do risco de extinção local, mostrando a importante função do fogo na manutenção da biodiversidade das savanas tropicais (Abreu et al., 2017).

Os incêndios também interferem na dinâmica da vegetação, funcionando como agente de desbaste, principalmente para as plantas de menor estatura e mais jovens, reduzindo densidade das espécies, excluindo espécies raras e abrindo espaço para novas espécies colonizadoras, que conseqüentemente gera novas interações entre os indivíduos que resistem ao fogo e os novos recrutados (Lima et al., 2009).

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo geral**

Determinar a relação entre o fogo e a estrutura e dinâmica da vegetação arbustiva-arbórea em uma mancha de savana isolada na Amazônia.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Avaliar as mudanças estruturais e dinâmica da vegetação arbórea de savana submetida a diferentes regimes de fogo após dez anos de sua primeira avaliação;
- Comparar a composição florística de espécies arbóreas entre áreas de savana submetidas a diferentes frequências de fogo;
- Avaliar a influência do fogo sobre densidade, área basal e biomassa da vegetação arbustiva-arbórea.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Descrição da área de Estudo**

O estudo foi realizado entre a cidade de Santarém e o distrito de Alter do Chão, no Estado do Pará (2°29'27.60"S e 54°55'52.96"W) (Figura 1). Em Alter do Chão, as

regiões mais altas são ocupadas pela floresta densa de terra firme, enquanto que nas áreas mais baixas ocorre a floresta aberta com palmeiras; próximo às redes de drenagem ocorre a floresta inundada sazonalmente, denominada igapó; às margens dos rios, existem as praias de areia branca, e intercaladas nessas fisionomias, ocorrem as manchas de savana (Amaral et al., 2017).

O clima, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo Am (clima tropical com chuvas de verão). A estação seca ocorre de julho a novembro e a estação chuvosa de dezembro a março. A precipitação anual média na região é de 1.950 mm e a temperatura média é de 26 °C (Alvares et al., 2013).

Os solos são em sua maioria arenosos, distróficos, ácidos e com baixa disponibilidade de nutrientes, especialmente cálcio e magnésio, com alto teor de alumínio (Sarmiento et al., 1985; Magnusson et al., 2002). São poucas as áreas de savana com solos argilosos e baixa drenagem na região (Magnusson et al., 2008).

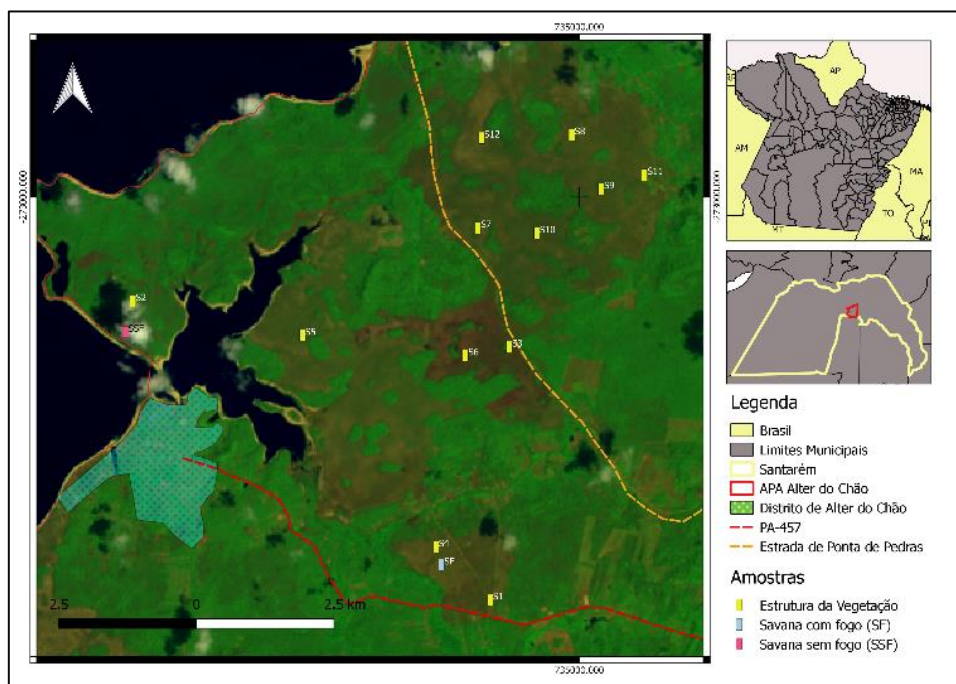


Figura 1 - Localização das unidades amostrais, savanas de Alter do Chão, Pará.

## 2.2. Desenho amostral

A pesquisa compartilhou e acrescentou informações sobre a vegetação de savana (estrutura e dinâmica) dos seguintes projetos: (1) Tropical Biomes in Transition (TROBIT) – parcelas permanentes instaladas e mensuradas em duas áreas de savana em Alter do Chão no ano de 2008, que foram reavaliadas e utilizadas para descrição das

mudanças estruturais e dinâmica da vegetação; (2) PELD – Programa Ecológico de Longa Duração – do Oeste do Pará (POPA) – 12 parcelas permanentes previamente instaladas, utilizadas para relacionar o fogo à estrutura da vegetação e biomassa.

As parcelas apresentaram 2 formas básicas (Figura 2). As parcelas do Projeto TROBIT possuem área de 1 ha (100 m x 100 m) e foram divididas em 25 quadrículas de 20 m x 20 m. A vegetação arbustiva-arbórea mensurada abrangeu árvores com diâmetro a 1,30 m do solo (DAP)  $\geq$  10 cm. Foram instaladas 2 parcelas, cada uma em área com ocorrência de fogo distinta, denominadas Savana com fogo (SCF) e Savana sem fogo (SSF) (Figura 3).

As 12 parcelas do Projeto POPA estão distribuídas em regiões com diferentes regimes de fogo (Figura 3), conforme dados disponíveis pelo POPA (A. P. Lima, dados não publicados). Para seleção das parcelas foram considerados os seguintes critérios: (1) frequência de fogo nos últimos 20 anos; (2) inclinação do relevo (plano a aproximadamente plano) e (3) distância de pelo menos 500 metros da parcela mais próxima. Essas parcelas possuem área de 0,25 ha (10 m x 250 m) no qual foram mensuradas todas as plantas com diâmetro  $\geq$  5 cm de diâmetro a 30 cm do solo ( $D_{30}$ ) e altura  $\geq$  2 metros. Foram utilizadas também subparcelas de 1 m x 250 m para amostragem dos indivíduos com altura menor que 2 metros e  $D_{30} \geq$  2 cm e menor que 5 cm.

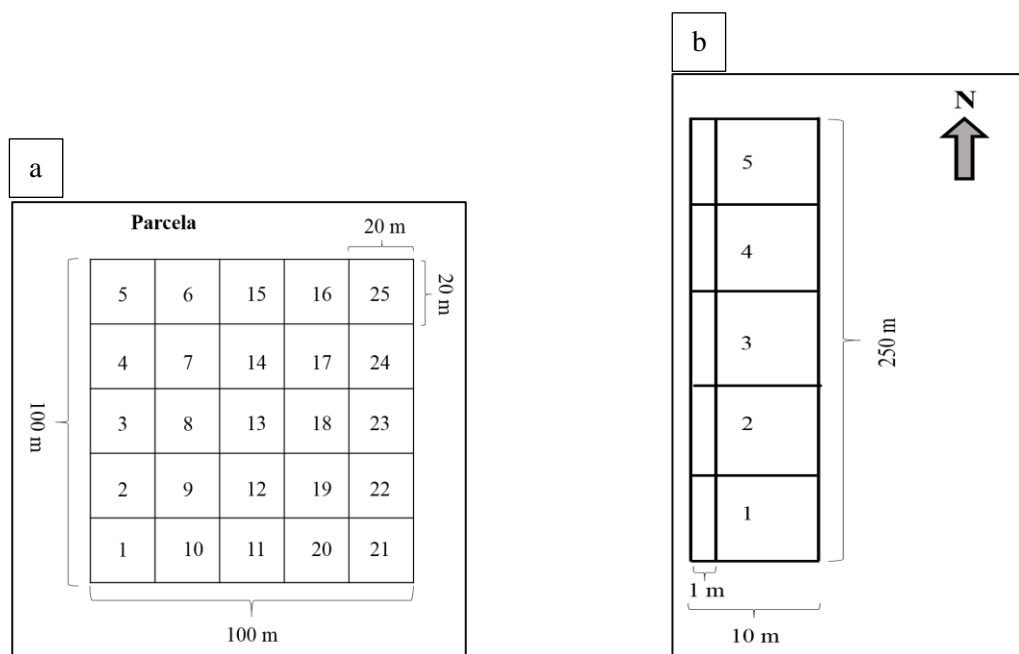


Figura 2 - Unidade amostral utilizada para coleta de dados de mudanças estruturais e dinâmica da vegetação (a). Unidade amostral utilizada para coleta de dados da estrutura da vegetação de savana (b), Alter do Chão, Santarém, Pará.



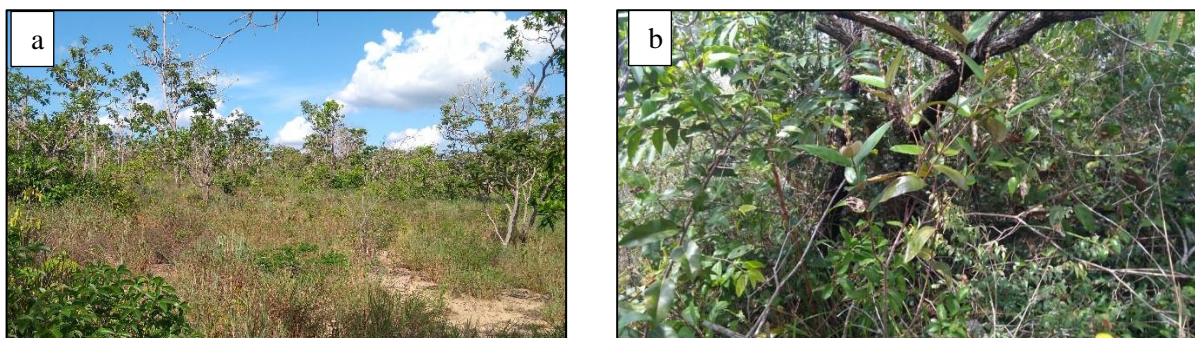


Figura 3 – Amostra Savana com fogo (SCF) (a); Adensamento de plantas em amostra Savana sem fogo (SSF) (b), Alter do Chão, Pará.

Nas parcelas do TROBIT para todos os indivíduos foram registrados os nomes comuns, diâmetro do caule medido a 1,30 m (DAP), altura total, coordenadas das plantas dentro da parcela (X e Y) e identificadas com placas de metal numeradas. Nas Parcelas do POPA, foram registrados para todos os indivíduos: a espécie, diâmetro do caule (D<sub>30</sub>), altura total, coordenadas dentro da parcela (X e Y) e identificados com placas de metal numeradas. No caso das árvores com bifurcação abaixo dos 30 cm de altura ou espécies multicaulinares, todos os caules foram mensurados.

As árvores encontradas nas parcelas do TROBIT haviam sido identificadas quanto à espécie/gênero na primeira avaliação. Os novos espécimes recrutados e os arbustos e árvores amostrados nas parcelas do POPA foram devidamente identificados com auxílio de um guia de campo desenvolvido para a savana de Alter do Chão (T. M. Sanaiotti, dados não publicados). Indivíduos não identificados serão coletados e depositados no Herbário HSTM, da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA).

### 2.3. Ocorrência de fogo

Nas unidades amostrais do POPA a ocorrência de fogo foi avaliada por meio de visitas anuais às parcelas, onde foi avaliada a extensão das áreas incendiadas, conforme dados disponíveis pelo POPA (A. P. Lima, dados não publicados). Ao longo dos últimos 20 anos (1997-2017), foi observada a presença ou ausência de fogo a cada dois metros ao longo da linha que limita a parcela à esquerda. Nas 12 parcelas foram considerados o número de vezes em que a parcela foi incendiada (NF) e o tempo de retorno de fogo (TRF).

Para saber sobre a ocorrência de incêndios nas parcelas do TROBIT, foi elaborado um mapa de densidade de focos de calor, utilizando dados históricos (1998-2018) de

focos de queimadas disponibilizados no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (Figura 4).

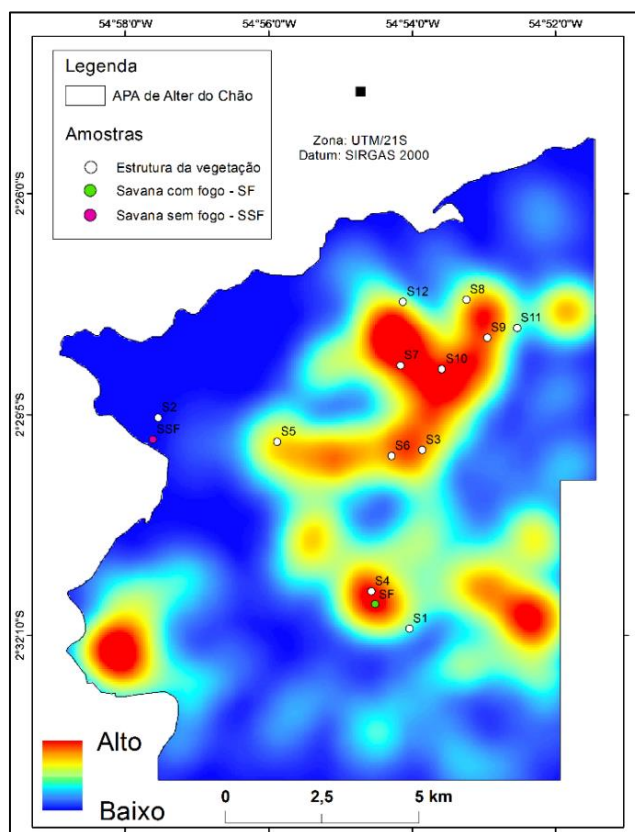


Figura 4 - Mapa de densidade de focos de calor ao longo de 20 anos (1998-2018) com a localização das parcelas, Savana de Alter do Chão, Pará. Dados: INPE, Prefeitura de Santarém-PA. Elaboração: Elvis F. Branco, utilizando *Software* ArcGis 10.6.

Os focos anuais de calor consistem em pontos de calor, com temperatura superior a 47° C, detectados pelos sensores AVHRR presente no satélite NOAA-12 (observações até julho de 2002) e MODIS do satélite AQUA-MT (observações a partir de julho de 2002). Para tal detecção é necessário que o fogo cubra uma área mínima de 30 metros de extensão por 1 m de largura. Entretanto, como o elemento de resolução espacial dos satélites (pixel) varia de 1 Km x 1 Km ou mais, um foco de queima é demonstrado como 1 pixel de queima, podendo indicar uma pequena queimada, ou várias pequenas queimadas ou então uma grande queimada (INPE, 2019).

Observando o mapa, pode-se afirmar que existem duas frequências de fogo bem distintas nas parcelas avaliadas para a dinâmica da vegetação (Figura 4). A parcela denominada SCF representou a área com elevada frequência de fogo, fato que pode ser constatado no mapa, por sua localização em um dos pontos com maior incidência de fogo (indicado pela coloração vermelha). Enquanto a parcela denominada SSF, está localizada

no mapa em um dos pontos com baixa ou nenhuma incidência de fogo no decorrer dos 20 anos (coloração azul).

#### **2.4. Estrutura da vegetação e diversidade**

A composição florística foi analisada com base na distribuição das plantas em espécies e famílias. Por meio da lista de espécies, foi estimada a diversidade de espécies utilizando o índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ); a intensidade de mistura das espécies foi obtida a partir do cálculo do quociente de mistura de Jentsch (QM); e a equabilidade de Pielou, todos conforme Brower e Zar (1984) (Anexo 6.1).

Para análise da similaridade florística entre as áreas submetidas a regimes de fogo diferentes, foi utilizado o índice de similaridade de Jaccard (diversidade beta) (Brower e Zar, 1984) (Anexo 6.1).

Foram calculados os parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal: densidade, frequência, dominância e valor de cobertura, segundo Mueller-Dombois e Ellenberg (1974) (Anexo 6.1).

A biomassa foi calculada de acordo com a equação desenvolvida por Ribeiro et al. (2011) para espécies lenhosas em uma área de Cerrado *Sensu stricto* em Minas Gerais, e foram utilizadas as variáveis altura, diâmetro e densidade da madeira.

#### **2.5. Dinâmica da vegetação**

Para avaliar as mudanças estruturais da comunidade (10 anos depois da primeira avaliação) foram calculadas a área basal (Mueller-Dombois e Ellenberg, 1974) para cada espécie e para a comunidade, o incremento e as taxas anuais de Mortalidade (M), Recrutamento (Rc) para as espécies e para a comunidade, Perda (P) e Ganho (G) de área basal para a comunidade (Sheil et al., 1995; 2000) (Anexo 6.1).

Foram calculados também a Meia vida ( $T_{1/2}$ ), que é o tempo necessário para que a comunidade seja reduzida à metade caso seja mantida a taxa de mortalidade; o Tempo de duplicação ( $T_2$ ), trata-se do tempo necessário para que a comunidade possua o dobro de plantas que tem atualmente, considerando a taxa de recrutamento; a Estabilidade (E), trata-se da diferença entre o Tempo de meia vida e Tempo de duplicação, quanto menor for a diferença, mais estável é a comunidade; e Reposição (R), que é a média entre tempo de meia vida e duplicação, quanto menor mais dinâmica é a comunidade (Korning e Balsev, 1994) (Anexo 6.1).

As variações temporais que ocorreram nas classes de diâmetro foram determinadas contabilizando-se o número de indivíduos que permaneceu, morreu, recrutou, imigrou (*ingrowth*) e emigrou (*outgrowth*) na classe (Lieberman et al., 1985).

## **2.6. Análise Estatística**

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e de homogeneidade de variância Barlett. Para entendimento sobre a influência do fogo na estrutura da vegetação foi realizada análise de regressão linear.

Para avaliar a dinâmica da vegetação foi realizada uma análise descritiva. Para todas as classes de diâmetro foram elaboradas distribuições de indivíduos e de área basal e calculados os valores absolutos de mortalidade, recrutamento, ingresso, egresso e mudança temporal.

Para verificar a existência de associação entre a mortalidade (densidade de indivíduos e área basal dos indivíduos mortos), o recrutamento (densidade de indivíduos e área basal dos indivíduos recrutados) e o incremento com as classes de diâmetro foram aplicadas correlações de Spearman (Zar, 1999).

A tabulação e o processamento dos dados foram realizados por meio dos programas Microsoft Excel 2016 e software R 3.5.1.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1. Influência do fogo e mudanças temporais na diversidade de espécies**

A diversidade florística foi diferente entre a SCF e SSF, e no período de 10 anos apresentou alterações nas duas áreas. Para SCF no ano de 2008 foram registradas 11 espécies, 9 gêneros, pertencentes à 7 famílias. Para o mesmo período, na SSF foram registradas 21 espécies, 15 gêneros, pertencentes à 13 famílias. Em 2018, na SCF foram encontradas 10 espécies, 8 gêneros e 7 famílias, enquanto na SSF foram encontradas 18 espécies, 16 gêneros e 16 famílias (Tabela 1). Em estudos anteriores realizados em Alter do Chão, considerando métodos de amostragem diferentes, Miranda (1993) encontrou 19 espécies arbóreas, considerando uma unidade amostral de 2,25 ha, enquanto Magnusson et al. (2008) encontraram um total de 33 espécies, utilizando 38 parcelas (3,8 ha).

Em ambos os períodos a SSF apresentou maior riqueza de espécies do que a SCF. Observou-se também que, em ambos os casos, em 2018 houve menor quantidade de espécies do que as encontradas em 2008. Isso é comum acontecer uma vez que muitas espécies apresentaram baixa densidade, o que as deixa mais suscetíveis ao

desaparecimento (Felfili et al., 2000; Werneck et al., 2000). Além disso, o levantamento levou em conta diâmetro mínimo de inclusão e foi realizado em parcelas fixas, o que limitou o registro de mais espécies.

Tabela 1– Espécies e suas respectivas famílias amostradas em 2 hectares na Savana de Alter do Chão, nos anos 2008 e 2018. Savana com fogo (SCF); Savana sem fogo (SSF).

FAMÍLIA	ESPÉCIE	SCF		SSF	
		2008	2018	2008	2018
ANACARDIACEAE	<i>Anacardium occidentale</i> L.	x	x	x	x
ANNONACEAE	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.			x	x
APOCYNACEAE	<i>Himatanthus drasticus</i> (Mart.) Plumel	x	x	x	x
BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus incanus</i> (A.H. Gentry) S.O. Grose			x	
BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus</i> sp.			x	x
BURSERACEAE	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand				x
CAESALPINIACEAE	<i>Copaifera martii</i> Hayne	x	x		
CAESALPINIACEAE	<i>Tachigali vulgaris</i> L.F. Gomes da Silva & H.C. Lima			x	x
EUPHORBIACEAE	Não identificada			x	x
FABACEAE	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	x	x	x	x
FABACEAE	<i>Hymenolobium</i> sp.			x	
FABACEAE	<i>Myroxylon</i> sp.			x	
FABACEAE	<i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke	x	x		
FABACEAE	Não identificada	x		x	x
LYTHRACEAE	<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.			x	x
LYTHRACEAE	Não identificada			x	
MALPIGHIACEAE	<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	x	x	x	x
MALPIGHIACEAE	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	x	x	x	x
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia lepidota</i> DC.				x
MIMOSACEAE	<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.			x	x
PROTEACEAE	<i>Roupala montana</i> Aubl.				x
SAPOTACEAE	<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	x	x	x	x
SIMAROUBACEAE	<i>Simarouba amara</i> Aubl.			x	x
VOCHYSIACEAE	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	x	x	x	x
VOCHYSIACEAE	<i>Salvertia convallariodora</i> A. St.-Hil.	x	x	x	x
VOCHYSIACEAE	Não identificada			x	

As famílias com maior número de espécies no primeiro inventário (2008) foram as mesmas para as duas áreas, com destaque para Fabaceae, com 3 espécies na SCF e 4 espécies na SSF, Malpighiaceae representada por 2 espécies em cada área e Vochysiaceae com 2 espécies na SCF e 3 espécies na SSF (Tabela 1). As famílias são representantes de espécies comumente encontradas nas savanas da Amazônia (Miranda et al., 1993; Costa-Neto, 2014).

No segundo inventário (2018), as famílias com maior número de espécie continuaram as mesmas para a SCF, mas dessa vez a família Fabaceae foi representada por 2 espécies. Enquanto para a SSF as mesmas famílias continuaram com maior número de espécies, entretanto sendo representadas com 2 espécies cada uma.

As espécies encontradas na SCF e SSF também ocorrem em outras áreas de savana amazônica, localizadas nos estados do Amapá, Amazonas, Rondônia, Roraima e em outras regiões do Pará (Barbosa et al., 2005; Miranda et al., 2006; Rayol, 2006; Costa-Neto, 2014). As espécies *Xylopia aromatica*, *Bowdichia virgilioides*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Byrsonima crassifolia* e *Roupala montana* foram encontradas em pelo menos 4 áreas de savana em diferentes estados da região Amazônica, com destaque para *Xylopia aromatica* que foi encontrada em 5 áreas de savana, inclusive na savana metalófila localizada na Serra dos Carajás no Pará (Miranda, 1995; Miranda et al., 2006; Rayol, 2006; Araújo e Barbosa, 2007; Magnusson et al., 2008; Costa-Neto, 2014).

Ao comparar as espécies que ocorrem em Alter do Chão à composição dos cerrados do centro-oeste e sudeste brasileiro, grande parte das espécies arbustivas-arbóreas encontradas neste estudo também ocorre nessas regiões, com destaque para *Bowdichia virgilioides*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Lafoensia pacari*, *Roupala montana*, *Pouteria ramiflora*, *Qualea grandiflora* (Andrade et al., 2002; Durigan et al., 2002; Felfili et al., 2002; Lima et al., 2009).

Na SSF, no intervalo de 10 anos, foram registradas três novas espécies *Miconia lepidota*, *Protium heptaphyllum* e *Roupala montana*. Na SCF não houve inclusão de nova espécie, observou-se assim, que o fogo atuou como um controlador do estabelecimento de novas espécies. As novas espécies encontradas na SSF também ocorrem em áreas de savana “florestada”, ou cerradão, caracterizada por apresentarem maior densidade e indivíduos que atingem alturas maiores que 10 metros (Miranda et al., 2006; Deus, 2014).

Devido a não identificação do nome científico de alguns indivíduos no inventário de 2008 e morte destes indivíduos no segundo levantamento em 2018, não foi possível identificar quais as espécies desaparecidas entre os levantamentos. No entanto, pode-se considerar que na SSF duas espécies pertencentes aos gêneros *Hymenolobium* e *Myroxylon* desapareceram no segundo levantamento, pois não houve recrutamento de espécies pertencentes a esses gêneros. Estes têm ampla distribuição, podendo ser encontrados nos domínios Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica (Sartori, 2019).

A diversidade florística foi diferente entre as áreas analisadas e entre os períodos avaliados, mas em geral foi menor para a SCF e maior para SSF, além disso, a diversidade em 2018 foi inferior a encontrada em 2008, para as duas áreas, em decorrência do desaparecimento de algumas espécies e diminuição da densidade (Tabela 2). Nas duas áreas, os valores foram inferiores aos encontrados nos cerrados do Brasil Central, que geralmente são superiores 3 nats ind<sup>-1</sup> (Durigan et al., 1994; 2002; Andrade et al. 2002; Felfili et al., 2002), mas foi superior aos encontrados em Roraima, que geralmente são valores inferiores a 1 (Barbosa et al., 2005; Araújo e Barbosa, 2007). Valor próximo ao da SSF foi encontrado em tipologias “cerrado campo sujo” e “cerrado *sensu stricto*” em Rondônia (Miranda et al., 2006) e valor próximo ao da SCF foi encontrado em savana metalófila no sudeste do Pará (Rayol, 2006).

A similaridade florística entre SCF e SSF foi equivalente a 0,64 e 0,69 para os inventários de 2008 e 2018, respectivamente. Indicando que mais de 60% das espécies foram encontradas nas duas áreas, nos dois períodos avaliados.

No primeiro levantamento em 2008, somente 2 espécies ocorreram exclusivamente na SCF, foram *Copaifera martii* e *Vatairea macrocarpa*, enquanto na SSF ocorreram 11 espécies exclusivas, foram: *Handroanthus incanus*, *Handroanthus sp.*, *Hymenolobium sp.*, *Lafoensia pacari*, *Myroxylon sp.*, *Plathymentia reticulata*, *Tachigali vulgaris*, *Simarouba amara*, *Xylopia aromatica*, e mais duas espécies pertencentes às famílias Lythraceae e Vochysiaceae.

Após dez anos do primeiro levantamento, as espécies *C. martii* e *V. macrocarpa* continuaram ocorrendo exclusivamente na SCF, enquanto na SSF ocorreram 9 espécies exclusivas: *Handroanthus sp.*, *L. pacari*, *Miconia lepidota*, *P. reticulata*, *Protium heptaphyllum*, *T. vulgaris*, *Roupala montana*, *S. amara*, *X. aromatica*.

As espécies exclusivas da SSF são encontradas em outras áreas de Savana Amazônica e nos cerrados do Brasil Central (Miranda et al., 1995; Andrade et al., 2002). Não houveram registros de espécies com distribuição exclusiva de outro tipo de vegetação, confirmando que ao longo dos 10 anos avaliados a savana manteve sua composição de espécies.

Quanto à equabilidade (*J'*), que representa a distribuição dos indivíduos entre as espécies, tanto na SCF quanto na SSF esta foi superior a 0,70. O valor semelhante para as duas áreas mostra que não há um descompasso na relação indivíduos e espécies, entretanto o valor elevado da densidade de algumas espécies (Tabelas 2 e 3), contribuiu para limitar o valor deste parâmetro.

Tabela 2 – Índices estruturais e de diversidade para indivíduos com DAP  $\geq 10$  cm amostrados na savana de Alter do Chão.

Parâmetro	2008		2018	
	SCF	SSF	SCF	SSF
Número de Famílias	7	13	6	16
Riqueza de Espécies (S)	11	21	10	18
Densidade Absoluta (ind ha <sup>-1</sup> )	112	282	97	265
Área Basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	1,99	5,61	1,7	5,72
Diversidade Máxima (H <sub>máx</sub> )	2,4	3,09	2,3	3,14
Índice de Shannon-Weaver (H')	1,86	2,42	1,71	2,39
Equabilidade de Pielou (J)	0,77	0,78	0,74	0,76
Coefficiente de Mistura de Jentsch (QM)	10	13	10	12

### 3.2. Influência do fogo e mudanças na Fitosociologia

Os parâmetros fitossociológicos diferiram entre as áreas. Na SCF foi encontrada uma densidade de 112 ind ha<sup>-1</sup> em 2008, enquanto a SSF a densidade foi equivalente a 282 ind ha<sup>-1</sup>. Após dez anos na SCF a densidade passou a ser de 97 ind ha<sup>-1</sup>, e na SSF foi equivalente a 265 ind ha<sup>-1</sup> (Tabela 2).

Na SCF as espécies *H. drasticus*, *S. convallariodora*, *B. crassifolia* e *A. occidentale* foram as mais abundantes nos dois períodos, representaram 81,3% do total de indivíduos em 2008, e 82,4% da densidade relativa 2018 (Tabela 3). Essa ausência de mudança demonstra a adaptação e domínio dessas espécies ao ambiente e frequência de fogo a que estão submetidas.

Na SSF as espécies mais abundantes diferiram entre os levantamentos (Tabela 4). As espécies *S. convallariodora*, *Q. grandiflora*, *P. ramiflora* foram as mais abundantes em ambos os períodos. Entretanto, em 2008 estas espécies juntamente com *B. crassifolia* e *B. virgilioides* abrangeram 68% da densidade, já em 2018, juntaram-se às espécies *T. vulgaris* e *H. drasticus* abrangendo 70,5% da densidade total. As espécies *S. convallariodora*, *Q. grandiflora*, também foram as mais abundantes em Alter do Chão há 31 anos (considerando indivíduos com altura igual ou maior que 1 metro) (Miranda, 1993).



Tabela 3 - Parâmetros fitossociológicos para as espécies arbustiva-arbóreas amostradas na SCF, em Alter do Chão, 2008 e 2018. Densidade absoluta (DA, n ha<sup>-1</sup>), Dominância absoluta (DoA, m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), Índice de valor de cobertura (VC, %).

Espécie	DA		DoA		VC	
	2008	2018	2008	2018	2008	2018
<i>Salvertia convallariodora</i>	30	35	0,642	0,688	29,50	38,24
<i>Himatanthus drasticus</i>	36	30	0,461	0,447	27,63	28,58
<i>Anacardium occidentale</i>	11	8	0,270	0,237	11,69	11,09
<i>Byrsonima crassifolia</i>	14	7	0,141	0,086	9,78	6,14
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	5	6	0,057	0,057	3,66	4,76
<i>Pouteria ramiflora</i>	2	3	0,070	0,079	2,65	3,85
<i>Qualea grandiflora</i>	5	4	0,065	0,059	3,87	3,80
<i>Vatairea macrocarpa</i>	4	2	0,189	0,018	6,52	1,55
<i>Bowdichia virgilioides</i>	1	1	0,018	0,024	0,90	1,22
<i>Copaifera martii</i>	3	1	0,028	0,008	2,05	0,76
Fabaceae	1	-	0,053	-	1,77	-
<b>Total</b>	<b>112</b>	<b>97</b>	<b>1,994</b>	<b>1,702</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Em áreas de Savana na Amazônia é comum poucas espécies abrangerem a maioria dos indivíduos. Em Alter do Chão, Magnusson et al. (2006) avaliando a cobertura da vegetação, demonstraram que as árvores *S. convallariodora* e *B. crassifolia* foram as árvores dominantes na savana. Em Roraima, a espécie arbórea *B. crassifolia* foi a mais abundante (Barbosa et al., 2005).

A espécie *B. crassifolia* tem destaque nas savanas amazônicas, dessa maneira, seu decréscimo em densidade na SSF pode estar relacionado à ausência de fogo, que permitiu o crescimento de indivíduos de outras espécies, melhores competidoras.

As espécies mais importantes da SCF no ano de 2008 foram *S. convallariodora*, *H. drasticus*, *A. occidentale*, *B. crassifolia*, *V. macrocarpa*, que juntas representaram 85,1% do VC da amostra. Após dez anos do primeiro inventário, os quatro primeiros lugares da lista de espécies mais importantes continuaram ocupados pelas mesmas espécies, havendo alteração somente para *Vatairea macrocarpa* que saiu dessa lista e deu lugar à espécie *B. coccolobifolia*. Além disso, o valor de cobertura dessas espécies foi elevado para 88,8% no segundo inventário (Tabela 3).

Para a SSF em 2008 as espécies *S. convallariodora*, *Q. grandiflora*, *B. virgilioides*, *P. ramiflora*, *B. crassifolia* e *Handroanthus sp.* foram as mais importantes, ocupando 72,03% do valor de cobertura da amostra. Dez anos após o primeiro inventário quatro espécies mais importantes continuaram as mesmas, *S. convallariodora*, *Q. grandiflora*, *P. ramiflora*, *B. virgilioides*, mas ganharam destaque também (VC maior que

3%), *Tachigali vulgaris*, *Himatanthus drasticus*, *Xylopia aromatica* e *Simarouba amara* representando 85,5% do valor de cobertura (Tabela 4).

Tabela 4 - Parâmetros fitossociológicos para as espécies arbustiva-arbóreas amostradas na SSF, em Alter do Chão, 2008 e 2018. Densidade absoluta (DA, n ha<sup>-1</sup>), Dominância absoluta (DoA, m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), Índice de valor de cobertura (VC, %).

Espécie	DA		DoA		VC	
	2008	2018	2008	2018	2008	2018
<i>Salvertia convallariodora</i>	70	67	1,627	1,76	26,92	28,02
<i>Qualea grandiflora</i>	68	57	0,938	0,86	20,42	18,27
<i>Tachigali vulgaris</i>	5	21	0,049	0,89	1,32	11,78
<i>Pouteria ramiflora</i>	21	26	0,445	0,58	7,69	10,00
<i>Bowdichia virgilioides</i>	15	12	0,661	0,37	8,55	5,49
<i>Himatanthus drasticus</i>	9	16	0,106	0,25	2,54	5,16
<i>Xylopia aromatica</i>	8	12	0,099	0,15	2,30	3,54
<i>Simarouba amara</i>	5	9	0,169	0,17	2,39	3,18
<i>Handroanthus sp.</i>	10	8	0,168	0,15	3,27	2,84
<i>Byrsonima crassifolia</i>	18	8	0,223	0,13	5,18	2,65
Fabaceae	11	3	0,317	0,12	4,78	1,60
<i>Lafoensia pacari</i>	9	4	0,108	0,05	2,56	1,18
Não identificada 1	6	4	0,060	0,05	1,60	1,16
<i>Plathymenia reticulata</i>	2	3	0,028	0,04	0,61	0,88
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	8	3	0,092	0,03	2,24	0,82
Não identificada 2 (Tatapiririca)	-	2	-	0,03	-	0,64
<i>Anacardium occidentale</i>	4	2	0,142	0,02	1,97	0,56
Não identificada 3	-	2	-	0,02	-	0,54
<i>Miconia lepidota</i>	-	2	-	0,02	-	0,53
Não identificada 4 (Sucupira)	-	2	-	0,02	-	0,53
<i>Roupala montana</i>	-	1	-	0,02	-	0,36
<i>Protium heptaphyllum</i>	-	1	-	0,01	-	0,26
Euphorbiaceae	8	-	0,288	-	3,98	-
<i>Handroanthus incanus</i>	1	-	0,012	-	0,29	-
<i>Hymenolobium sp.</i>	1	-	0,011	-	0,28	-
Lythraceae	1	-	0,013	-	0,30	-
<i>Myroxylon sp.</i>	1	-	0,040	-	0,54	-
Vochysiaceae	1	-	0,010	-	0,27	-
<b>Total</b>	<b>282</b>	<b>265</b>	<b>5,61</b>	<b>5,72</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Considerando as duas áreas, as espécies com maior Valor de Cobertura também são importantes em outras savanas amazônicas, foram apontadas nos trabalhos de Miranda (1993), Miranda et al. (2002), Barbosa et al. (2005), Miranda et al. (2006) e Costa-Neto (2014) demonstrando grande representatividade e ampla distribuição nessa região. Dentre as espécies com maior VC na SSF, a espécie *Q. grandiflora* também foi destaque em áreas de cerrado do Mato Grosso, Minas Gerais, Brasília (Silva-Júnior e Silva, 1988; Andrade et al., 2002; Finger, 2008).

### 3.3. Parâmetros de dinâmica da vegetação arbustiva-arbórea

O número de indivíduos registrados na SCF reduziu de 112 em 2008 para 97 em 2018, representando perda líquida de 15, como resultado da morte de 44 e recrutamento de 29 indivíduos, o que refletiu em taxa de mortalidade média anual de 4,87 % .ano<sup>-1</sup> e taxa de recrutamento médio anual de 3,49 % .ano<sup>-1</sup>. Para a SSF o número de indivíduos também reduziu de 282 em 2008 para 265 em 2018, representando a perda líquida de 17, resultado da morte de 84 e recrutamento de 67 indivíduos, ocasionando uma taxa de mortalidade média anual 3,47 % .ano<sup>-1</sup> e taxa de recrutamento médio anual de 2,87 % .ano<sup>-1</sup> (Tabela 5).

Tabela 5 - Parâmetros de dinâmica expressos em números de indivíduos e área basal para SCF (Savana com fogo) e SSF (Savana sem fogo) no período de 2008 a 2018, Alter do Chão, PA.

Parâmetros	Número de indivíduos		Área basal	
	SCF	SSF	SCF	SSF
Taxas anuais médias de mortalidade (nº de ind.) e perda (área basal) (% ano <sup>-1</sup> )	4,87	3,47	4,97	3,91
Taxas anuais médias de recrutamento (nº de ind.) e ganho (área basal) (% ano <sup>-1</sup> )	3,49	2,87	1,94	2,71
Tempo de meia vida (anos)	14	20	14	18
Tempo de duplicação (anos)	20	24	36	26
Reposição (anos)	17	22	25	22
Estabilidade (anos)	6	4	22	8
Taxa de mudança (% ano <sup>-1</sup> )	-1,43	-0,62	-1,57	0,20

A taxa de mortalidade superior à taxa de recrutamento, resultou em um balanço negativo para as comunidades, devido à maior abundância de indivíduos na SSF, as taxas de mortalidade e recrutamento foram superiores. Para a SSF, que possui estrutura mais complexa que a SCF (Ver tabela 2), esse desequilíbrio entre mortalidade e recrutamento pode ser momentâneo e atribuído à natureza desses processos, onde há necessidade de ocorrer mortalidade primeiro para dar espaço ao recrutamento, e assim haver equilíbrio novamente (Felfili, 1995).

Na SCF, por sua vez, a estrutura mais simples com menor densidade de indivíduos, menor área basal, dossel aberto, o fogo possivelmente teve um papel importante para esse desbalanceamento, atingindo as plantas de menor diâmetro que foram a grande maioria dos mortos (Figura 8). Em um Cerrado *sensu stricto* no Mato Grosso, Ribeiro et al. (2012) encontraram uma menor mortalidade de indivíduos na área com menor frequência de fogo (5 anos), e mortalidade superior ao recrutamento em uma

área com maior frequência de fogo (1,6 anos). Do mesmo modo, Mews et al. (2011a) em Cerrado Típico, atribuíram o ganho em densidade de indivíduos e acréscimo em área basal à ausência de fogo no período de quatro anos entre os levantamentos.

A área basal total da comunidade na SCF foi menor em 2018 em relação a 2008, enquanto a SSF apresentou maior área basal total em 2018 quando comparada a 2008 (Tabela 2). Na SCF, a área basal foi superior a encontrada por Costa-Neto (2004) nas Savanas do Amapá ( $0,98 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ), enquanto na SSF foi similar a encontrada por Rayol (2006) em savana metalófila ( $5,56 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ). De acordo com Durigan (2004), em fisionomias campestres de cerrado a área basal não ultrapassa  $8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ .

Em nível mais detalhado, a perda de área basal líquida, oriunda da morte de indivíduos somada ao decremento em diâmetro, refletiu em taxa anual média de perda de área basal de  $4,97 \text{ \%} \cdot \text{ano}^{-1}$  (SCF) e  $3,91 \text{ \%} \cdot \text{ano}^{-1}$  (SSF) (Tabela 5). Por outro lado, o recrutamento de indivíduos e o incremento em área basal dos sobreviventes contribuíram para o ganho líquido de área basal o que resultou em uma taxa anual média de ganho de área basal de  $1,94\%$  (SCF) e  $2,71\%$  (SSF) (Tabela 5). Observa-se assim que as taxas de perdas foram superiores ao ganho em área basal para as duas áreas, mesmo que a SSF tenha apresentado área basal total superior no segundo inventário.

Na SSF, o aumento em área basal ocorreu principalmente por conta da espécie *Tachigali vulgaris* que apresentou taxa de recrutamento três vezes maior que de mortalidade, e elevado incremento periódico (Tabela 7). Outros estudos apresentam o crescimento rápido dessa espécie e o comportamento como espécie pioneira (Felfili, 1995; Aquino et al., 2007a).

Observou-se que, tanto para a savana sujeita à fogo e a sem registros de fogo, as taxas de perdas foram superiores às de recrutamento de indivíduos ou ganho de área basal. Em função disso, o tempo de meia vida da SCF e SSF foi menor que o tempo de duplicação, considerando tanto os indivíduos como a área basal, e a taxa de mudança das duas áreas foram negativas ou próximas a zero (Tabela 5).

Os resultados de dinâmica encontrados para a comunidade foram equivalentes para a maioria das espécies nas duas áreas. Por não recrutarem ou não apresentarem mortalidade no período, os valores de meia vida e duplicação não puderam ser calculados para algumas espécies (Tabelas 6 e 7).

Comparando os valores de meia vida, a SCF apresentou menor tempo que a SSF. Para a SCF o valor de meia vida (14 anos) foi similar ao encontrado por Aquino et al. (2007b), que variou de 14-25 anos em Cerrado com fogos bienais no Maranhão. Enquanto

para a SSF (20 anos) o valor foi similar ao encontrado em Cerrado *sensu stricto* com frequência de fogo de 2-3 anos no Mato Grosso, onde a meia vida foi equivalente a 22 anos (Ribeiro et al., 2012). Roitman et al. (2008) em um Cerrado protegido do fogo encontraram tempo de meia vida igual a 35 anos.

O parâmetro meia vida é útil para comparar a dinâmica entre diferentes comunidades, entretanto qualquer conclusão é apenas especulativa, pois considera-se uma taxa de mortalidade fixa para o cálculo, e no decorrer do tempo as comunidades podem apresentar elevada variabilidade (Felfili, 1993).

Quanto à reposição, para a SCF observou-se que a comunidade é dinâmica tanto em relação ao número de indivíduos (17 anos) quanto à área basal (25 anos). Na SSF os valores da reposição foram iguais para o número de indivíduos (22) e área basal (22), resultados similares aos da SCF (tabela 5).

A estabilidade da SSF apresentou valores relativamente baixos, tanto para o número de indivíduos quanto para área basal, demonstrando uma comunidade altamente estável no que diz respeito ao recrutamento e mortalidade de indivíduos. Na SCF, os valores de estabilidade mostraram que a comunidade é mais estável em relação ao número de indivíduos (6 anos) do que em área basal (22 anos) (tabela 5). Os valores de reposição e estabilidade foram próximos ao encontrados por Aquino et al. (2007b) em Cerrado *stricto sensu* anos com incêndios a cada 2 anos ( $E = 2-3$ ;  $R = 13-25,3$ ).

De modo geral, avaliando o conjunto de parâmetros da dinâmica, pode-se dizer que apesar das alterações negativas na densidade de indivíduos e área basal que ocorreram por diferentes motivos, as duas áreas de savana apresentaram elevada estabilidade, mantendo a estrutura e composição de espécies ao longo dos 10 anos. Mudanças assim também foram registradas por Felfili et al. (2000) e Mews et al. (2011b), que atribuíram as mudanças ocorridas na estrutura à frequência de fogo e fogo/agricultura, e concluíram que a ao longo do período estudado as comunidades foram resilientes a esses distúrbios.

### **3.4. Mortalidade, recrutamento e crescimento por espécie**

Para SCF do total de espécies amostradas 81% apresentaram mortalidade de indivíduos e 54% apresentaram recrutamento. As espécies *H. drasticus* e *S. convallariodora* apresentaram os maiores percentuais de morte dos indivíduos no período 31,8% e 18,18%, respectivamente, do total de árvores mortas. Estas também se destacaram no recrutamento de indivíduos, *H. drasticus* recrutou 27,6% e *S. convallariodora* recrutou 44,8% dos indivíduos. Devido à grande densidade de indivíduos

dessas espécies, a taxa de mortalidade e recrutamento foi inferior às taxas de outras espécies que apresentaram baixa densidade (Tabela 6).

A relação entre mortalidade, recrutamento e densidade das espécies *H. drasticus* e *S. convallariodora* na SCF, é similar ao encontrado por Felfili (1995) em floresta de galeria, sugerindo que essa forte correlação pode garantir a manutenção da dominância dessas espécies na comunidade.

As espécies *P. ramiflora* e *B. virgilioides* foram as únicas que não perderam indivíduos na SCF, além disso, *B. virgilioides* juntamente com *C. martii*, *Q. grandiflora*, *A. occidentale* não apresentaram novos indivíduos no inventário de 2018 (tabela 6), assim, estas apresentaram taxa de mudança negativa elevada, ou igual a zero no caso da *B. virgilioides*.

Tabela 6 - Parâmetros de dinâmica (em número de indivíduos) das populações de espécies arbóreas ( $N \geq 1$ ), incremento periódico anual em diâmetro (IPA, cm.ano<sup>-1</sup>) e coeficiente de variação (CV, %) em Savana com fogo (SCF), no período de 2008 a 2018 em Alter do Chão, Pará. Sendo: N = número de indivíduos que permaneceram entre os levantamentos; m = taxa de mortalidade média anual (%.ano<sup>-1</sup>); r = taxa de recrutamento médio anual (%.ano<sup>-1</sup>); t<sub>1/2</sub> = meia vida (anos); t<sub>2</sub> = tempo de duplicação (anos); mu = taxa de mudança (%.ano<sup>-1</sup>).

Espécies	N	m	r	t <sub>1/2</sub>	t <sub>2</sub>	mu	IPA	CV
<i>Salvertia convallariodora</i>	21	3,05	4,54	22,70	15,28	1,55	0,155	69,22
<i>Himatanthus drasticus</i>	20	4,81	3,05	14,42	22,70	-1,81	0,134	74,78
<i>Anacardium occidentale</i>	8	3,13	0,00	22,11	-	-3,13	0,228	53,41
<i>Byrsonima crassifolia</i>	4	9,78	3,31	7,08	20,95	-6,70	0,198	56,24
<i>Qualea grandiflora</i>	4	2,21	0,00	31,41	-	-2,21	0,056	23,00
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	2	8,76	10,40	7,92	6,66	1,84	0,128	118,81
<i>Vatairea macrocarpa</i>	1	12,94	6,70	5,35	10,35	-6,70	0,019	-
<i>Pouteria ramiflora</i>	1	0,00	3,97	-	17,44	4,14	0,002	-
<i>Copaifera martii</i>	1	10,40	0,00	6,66	-	-10,40	0,018	-
<i>Bowdichia virgilioides</i>	1	0,00	0,00	-	-	0,00	0,231	-
<i>Fabaceae</i>	1	100,00	0,00	0,69	-	-100,0	0,000	-

Na SSF, 90,9% das espécies apresentaram mortalidade de indivíduos, e 72,7% apresentaram recrutamento. Indivíduos das espécies *Q. grandiflora* e *B. crassifolia* representaram 17,8% e 11,9%, respectivamente, do total de indivíduos mortos. Quanto ao recrutamento de indivíduos *T. vulgaris* e *H. drasticus* foram as espécies que mais recrutaram, 26,9% e 14,9%, respectivamente. As espécies *P. ramiflora* e *P. reticulata* foram as únicas que não perderam indivíduos, enquanto as espécies *B. crassifolia*, *L. pacari* e *B. virgilioides* não recrutaram (tabela 7).

Em ambas as áreas, a maioria das espécies apresentou taxa de mudança negativa, isso ocorre quando a taxa de recrutamento não supera a taxa de mortalidade, o que pode

supor a ocorrência de mudanças negativas na estrutura de tais populações, caso o atual padrão seja mantido (Mews et al., 2011a; Ribeiro et al., 2012). Entretanto, as espécies que apresentam elevada densidade e sobrevivência, podem continuar mantendo sua estrutura e dominância, mesmo que as taxas de recrutamento sejam menores (Felfili, 1995; Aquino et al., 2007b).

Tabela 7 - Parâmetros de dinâmica (em número de indivíduos) das populações de espécies arbóreas ( $N \geq 1$ ), incremento periódico anual em diâmetro (IPA, cm.ano<sup>-1</sup>) e coeficiente de variação (CV, %) em Savana sem fogo (SSF), no período de 2008 a 2018 em Alter do Chão, Pará. Sendo: N = número de indivíduos que permaneceram entre os levantamentos; m = taxa de mortalidade média anual (%.ano<sup>-1</sup>); r = taxa de recrutamento médio anual (%.ano<sup>-1</sup>); t<sub>1/2</sub> = meia vida (anos); t<sub>2</sub> = tempo de duplicação (anos); mu = taxa de mudança (%.ano<sup>-1</sup>).

<b>Espécies</b>	<b>N</b>	<b>m</b>	<b>r</b>	<b>t<sub>1/2</sub></b>	<b>t<sub>2</sub></b>	<b>mu</b>	<b>IPA</b>	<b>CV</b>
<i>Salvertia convallariodora</i>	63	0,89	0,46	77,7	151,66	-0,44	0,127	79,64
<i>Qualea grandiflora</i>	47	2,46	0,72	28,16	95,61	-1,75	0,086	71,74
<i>Pouteria ramiflora</i>	20	0,00	2,11	-	32,8	2,16	0,168	66,51
<i>Byrsonima crassifolia</i>	8	7,79	0,00	8,90	-	-7,79	0,154	69,9
<i>Bowdichia virgilioides</i>	6	2,21	0,00	31,41	-	-2,21	0,037	55,65
<i>Handroanthus</i> spp.	6	2,21	0,00	31,41	-	-2,21	0,056	70,04
<i>Himatanthus drasticus</i>	6	3,97	9,34	17,44	7,42	5,92	0,484	24,85
<i>Xylopia aromatica</i>	5	4,59	8,38	15,1	8,27	4,14	0,12	41,57
<i>Lafoensia pacari</i>	4	7,79	0,00	8,90	-	-7,79	0,088	33,15
<i>Não identificada</i>	4	3,97	0,00	17,44	-	-3,97	0,121	68,17
<i>Simarouba amara</i>	4	2,21	7,79	31,41	8,9	6,05	0,191	118,07
Fabaceae	3	12,18	0,00	5,69	-	-12,18	0,103	83,47
<i>Tachigali vulgaris</i>	3	4,98	17,68	13,92	3,92	15,43	1,548	45,72
<i>Anacardium occidentale</i>	1	12,94	6,70	5,35	10,35	-6,70	0,113	-

Considerando todas as espécies e indivíduos no período de 10 anos (2008 a 2018), o incremento periódico anual em diâmetro da comunidade na SCF foi de 0,15 cm.ano<sup>-1</sup> (mediana = 0,12, desvio padrão = 0,09, coeficiente de variação = 60,5%) e para a SSF também foi equivalente a 0,15 cm.ano<sup>-1</sup> (mediana = 0,10, desvio padrão = 0,11, coeficiente de variação = 73,9%). O incremento foi similar ao encontrado por Aquino et al., (2007a), em cerrado sentido restrito no Maranhão (IPA variou entre 0,13 a 0,17 cm.ano<sup>-1</sup>). De acordo com Henriques e Hay (2002) o baixo incremento em plantas do Cerrado *sensu stricto* pode estar associado aos solos pobres em nutrientes ou a períodos prolongados de seca. Para Mews et al. (2007a), que encontrou IPA igual a 0,31 cm.ano<sup>-1</sup> em uma comunidade lenhosa de Cerrado típico no Mato Grosso, sem registro de fogo durante 4 anos, a fertilidade/textura do solo, ou condições de preservação da comunidade podem ter sido responsáveis pelo elevado incremento ao longo do período avaliado.

O IPA da comunidade não apresentou correlação com as classes diamétricas (SCF,  $r^2 = -0,49$ ;  $p = 0,355$ ; SSF,  $r^2 = -0,77$ ;  $p = 0,103$ ). Em comunidades florestais, é comum encontrar correlação positiva entre o incremento periódico e o diâmetro da árvore, e isso é atribuído ao fato das árvores de grande porte ocuparem dossel superior da floresta, tendo acesso a luz e apresentando maior eficiência fotossintética quando comparadas aos indivíduos de menor porte (Hubbell et al., 1999). No caso das áreas de savana estudadas, a luz está disponível de maneira mais homogênea, devido ao maior espaçamento entre os indivíduos arbustivo-arbóreos, principalmente no caso da SCF.

Na SCF, as espécies com maior incremento periódico anual foram *A. occidentale* (0,23 cm.ano<sup>-1</sup>), *B. virgilioides* (0,23 cm.ano<sup>-1</sup>) e *B. crassifolia* (0,19 cm.ano<sup>-1</sup>). Enquanto na SSF as espécies com maior IPA foram *T. vulgaris* (1,55 cm.ano<sup>-1</sup>), *H. drasticus* (0,48 cm.ano<sup>-1</sup>) e *S. amara* (0,19 cm.ano<sup>-1</sup>) (Tabelas 6 e 7).

### **3.5. Influência do fogo e mudanças temporais nas distribuições de diâmetros e de alturas**

A distribuição diamétrica da densidade absoluta de indivíduos com DAP  $\geq 10$  cm amostrados em 2008 e 2018 apresentou tendência decrescente (J invertido), com a maior parte dos indivíduos ocupando as classes menores, esse padrão foi igual para SCF e SSF (Figuras 5 e 6). Para a densidade isso é comum em populações heterogêneas, onde a presença de indivíduos de menor porte é maior, indicando também que há um recrutamento contínuo (Felfili et al., 2000; Soares et al., 2006).

Na SCF, em 2008, 74,1% dos indivíduos inventariados pertenciam à primeira classe de diâmetro (10,1-15cm), em 2018 foram 69,1% para a mesma classe. Após dez anos, a segunda classe diamétrica (15,1-20cm) foi a única que aumentou em densidade, passando de 12,5% (2008) para 20,6% dos indivíduos em 2018.

Na SSF, 66,7% e 59,2% dos indivíduos ocuparam a primeira classe de diâmetro (10,1-15cm) em 2008 e 2018, respectivamente. No segundo inventário, dez anos depois, três classes diamétricas apresentaram aumento na densidade de indivíduos: a classe 2 (15,1-20cm) passou de 19,9% (2008) para 23,8% (2018), a classe 3 (20,1-25cm) passou de 7,1% (2008) para 9,8% (2018), e a classe 4 (25,1-30cm) passou de 2,1% (2008) para 3,8% (2018).

Em relação à área basal, para as duas áreas, observou-se que os maiores valores foram registrados para a primeira classe de tamanho (Figuras 5 e 6). De acordo com Scolforo et al. (1998) as espécies de Cerrado Típico apresentam potencialidade genética



para apresentar porte pequeno, devido a isso, a área basal é maior nas classes diamétricas onde a densidade é mais expressiva. O diâmetro máximo coletado foi de 39 cm, enquanto a maioria das plantas possuíam diâmetro em torno de 14 cm.

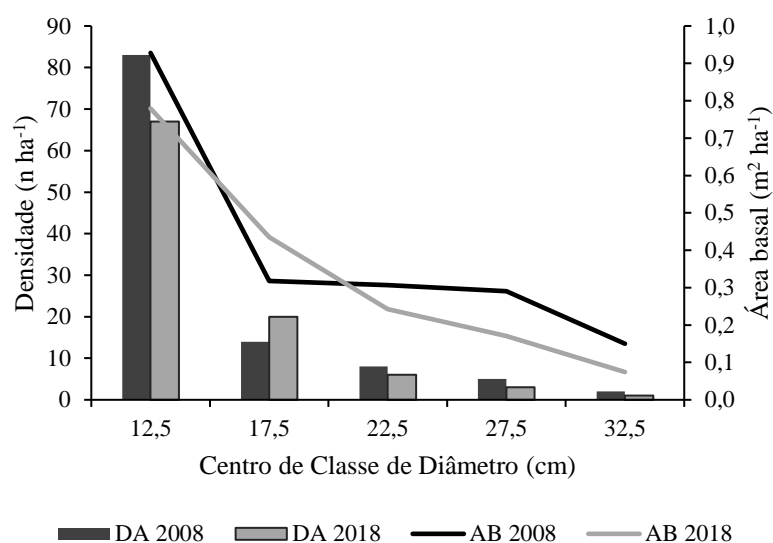


Figura 5- Distribuição da densidade absoluta (DA) e da área basal (AB) pelas classes de diâmetro (Intervalo de Classes = 5 cm) dos indivíduos vivos da SCF, nos anos 2008 e 2018, Alter do Chão. Barras = Densidade Absoluta; Linhas = Área Basal.

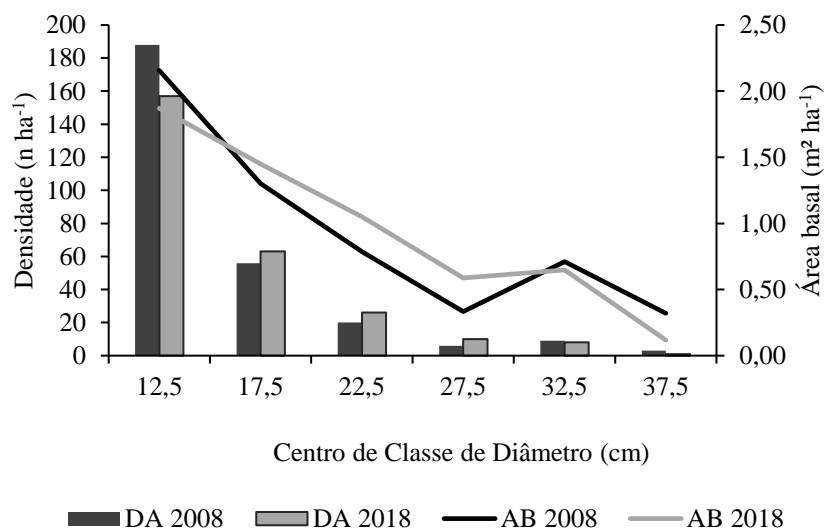


Figura 6 - Distribuição da densidade absoluta (DA) e da área basal (AB) pelas classes de diâmetro (Intervalo de Classes = 5 cm) dos indivíduos vivos da SSF, nos anos 2008 e 2018, Alter do Chão. Barras = Densidade Absoluta; Linhas = Área Basal.

Avaliando a presença das espécies nas classes diamétricas, somente *Salvertia convallariodora* esteve presente em todas as classes, tanto na SCF quanto na SSF. Na SSF, as espécies *B. virgilioides* e *P. ramiflora*, e na SCF a espécie *A. occidentale* também

destacaram-se ocorrendo na maioria das classes. Em teoria, a presença de indivíduos de determinada espécie em várias classes, principalmente nas inferiores, sugere sua permanência e sucesso na estrutura futura da comunidade, mas na verdade, isso é reflexo da alta capacidade de competição da espécie em seu nicho ecológico (Felfili, 1993; Schaaf et al, 2006).

A altura foi uma variável coletada somente no segundo levantamento, assim foi possível observar as diferenças entre as áreas inventariadas em 2018 (Figura 7). As alturas variaram de 1,7 m a 13 m, e foram subdivididas em 7 classes com intervalos de 2 metros entre elas. Para a SCF a maior parte (89,69%) dos indivíduos possuem altura entre 4,1 e 8 metros, enquanto que para a SSF o intervalo de 4,1 a 10 metros abrangeu a maioria dos indivíduos (87,12%). Além disso, somente na SSF ocorreram árvores com altura maior que 12 metros. Os valores superam o encontrado por Miranda e Absy (2000) em Roraima onde a altura variou de 0,8 a 2,6 m para as árvores e arbustos, e foi maior também que o encontrado por Pessoa (2014) em savana amazônica sobre afloramentos rochosos localizada no Mato Grosso (2,94 m). A altura das plantas lenhosas é importante para manutenção da estrutura arbustiva arbórea nas savanas, pois quando essas plantas atingem mais de 3 m de altura tendem a ser mais resistentes ao fogo, por estarem superior à zona das chamas (Higgins et al., 2000).

Na SCF a espécie *S. convallariodora* foi a única que apresentou indivíduos com mais de 10 metros de altura. Na SSF, por sua vez, foram encontrados indivíduos com mais de 10 metros para um número maior de espécies, são elas: *B. virgilioides*, *P. ramiflora*, *Q. grandiflora*, *R. montana*, *S. convallariodora* e *T. vulgaris*.

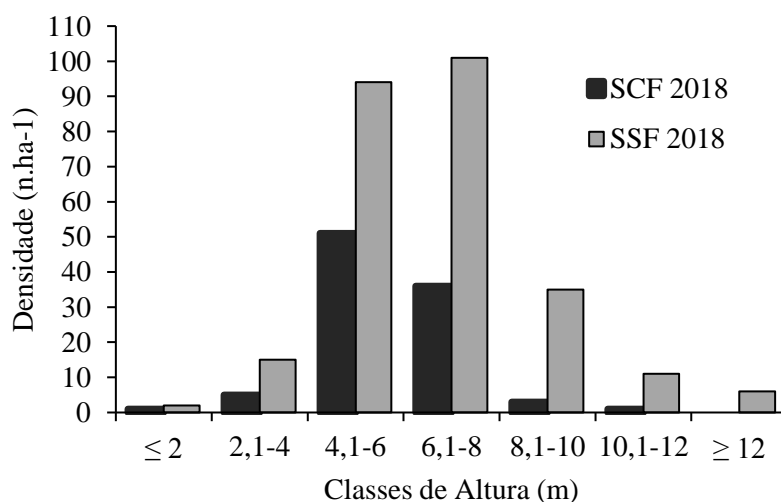


Figura 7 - Distribuição da densidade absoluta (DA) pelas classes de altura (Intervalo de Classes = 2 m) dos indivíduos vivos da SCF e SSF, nos anos 2008 e 2018, Alter do Chão.

Na SCF, não houve correlação significativa entre a mortalidade de indivíduos ( $r^2 = -0,75$ ;  $p = 0,084$ ) e perda de área basal ( $r^2 = -0,46$ ;  $p = 0,354$ ) com as classes de diâmetros. A primeira classe de diâmetro abrangeu 75% dos indivíduos mortos e 42% de área basal morta na SCF (Figura 8 a, c). Grande parte dos trabalhos para o cerrado presente no centro-oeste e sudeste do Brasil, mostra que a mortalidade nas menores classes de diâmetro é maior, e a relação entre morte e diâmetro é significativamente negativa (Henriques e Hay, 2002; Miranda et al., 2002, Ribeiro et al., 2012). O que há em comum nesses trabalhos é o diâmetro mínimo de inclusão variar de 2 a 5 cm, nessas classes os indivíduos estão mais suscetíveis à ação do fogo, possuem casca menos lignificada e fina, e órgãos subterrâneos de reserva menos desenvolvidos.

Na SSF, a correlação entre mortalidade ( $r^2 = -0,90$ ;  $p = 0,015$ ) e as classes de diâmetro foi negativa e significativa, de modo que 65 % dos indivíduos mortos e 34% de área basal morta também se encontravam na primeira classe. Nessa área não houve correlação entre perda de área basal ( $r^2 = -0,49$ ;  $p = 0,356$ ) e classe diamétrica (Figura 8 b, d). Nesse caso, não temos o elemento fogo causando mortalidade de indivíduos, outros fatores ambientais, principalmente competição, refletida na disputa por nutrientes, espaço, a ecologia das espécies, tolerância das espécies à sombra, podem ter causado a elevada mortalidade nas menores classes diamétricas (Clarck e Clarck, 1987). Em florestas abertas ou zonas de transição floresta-cerrado no centro oeste e sudeste brasileiro, esse padrão foi encontrado e atribuído à suscetibilidade dos indivíduos de menor tamanho aos efeitos da competição, uma vez que a densidade diminui com o aumento do diâmetro (Oliveira-Filho et al., 1994; Marimon e Felfili, 2000; Mews, 2010).

As espécies que mais contribuíram para maior mortalidade na primeira classe de diâmetro foram *B. crassifolia* e *H. drasticus* na SCF, e na SSF foram as espécies *Q. grandiflora*, *B. crassifolia* e *B. coccolobifolia*.

Quanto ao recrutamento de indivíduos e ganho de área basal, na SCF só as duas primeiras classes de diâmetro apresentaram recrutas, de modo que a primeira classe abrigou 93,8% dos indivíduos e 96,6% da área basal recrutada (Figura 8 a, c). As espécies que mais contribuíram para elevada taxa de recrutamento na primeira classe de diâmetro foram *S. convallariodora* e *H. drasticus*.

Somente na SSF, os indivíduos recrutados ( $r^2 = -1,00$ ;  $p = 0,003$ ) e a área basal dos recrutas ( $r^2 = -0,94$ ;  $p = 0,017$ ) apresentaram correlação negativa e significativa com

as classes de diâmetro, onde a primeira classe de diâmetro abrangeu 71,6% dos indivíduos recrutados e 38% da área basal recrutada.

Quase todas as classes diamétricas apresentaram recrutamento, na SSF, e devido ao recrutamento de indivíduos de maior porte, a área basal não ficou concentrada somente nas primeiras classes de diâmetro. Na primeira classe as espécies mais recrutadas foram *H. drasticus* e *X. aromatica*, e para as demais classes a espécie que mais contribuiu para recrutamento de indivíduos e ganho de área basal foi *T. vulgaris*.

Observou-se que tanto a mortalidade quanto o recrutamento ocorreram de modo mais expressivo na menor classe de diâmetro, permitindo a reposição de indivíduos de pequeno porte na comunidade, mesmo padrão encontrado por Mews et al. Em Cerrado Típico no Mato Grosso (2011a).

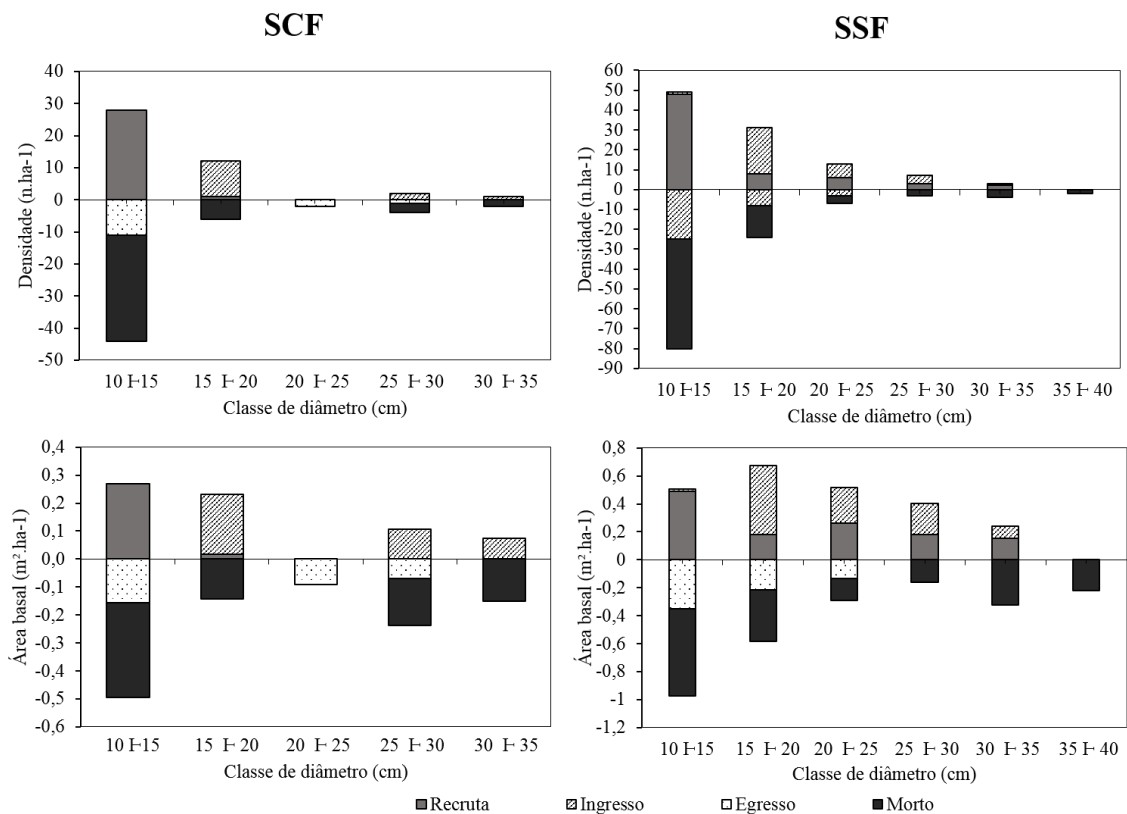


Figura 8 - Mudanças estruturais e dinâmica por classe de diâmetro na savana de Alter do Chão, Pará.

### 3.6. Influência do fogo na estrutura da vegetação arbustiva-arbórea

O número de fogo (NF) variou de 2 a 13 incêndios nas unidades amostrais. A porcentagem média de área queimada a cada evento de fogo foi superior a 80% em todas as 12 parcelas. Enquanto, o tempo de retorno de fogo (TRF) variou de 1,56 a 7,5 anos,

com média de 8,4 anos entre cada incêndio (Desvio padrão = 3,4; Coeficiente de variação = 40,3%).

As figuras 9, 10 e 11 demonstram a relação entre o número de incêndios e tempo de retorno de fogo com as variáveis densidade, área basal e biomassa atuais. Observa-se que número de incêndios se relaciona negativamente com essas variáveis, quanto mais vezes a amostra foi queimada a resposta da vegetação foi a diminuição de seus componentes estruturais.

A densidade e a área basal apresentam relação negativa significativa com o número de eventos de fogo ( $p < 0,05$ ). Com base nesses resultados, pode-se dizer que 45% da densidade e 44% da área basal atuais são explicados pelo número de incêndios ocorridos.

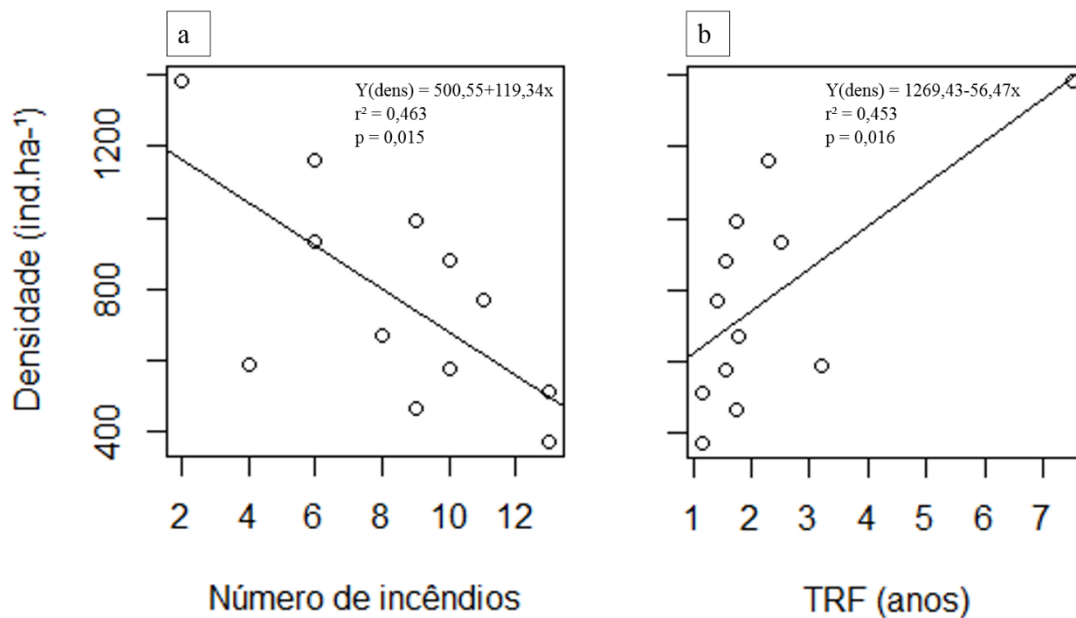


Figura 9 - Relação entre densidade de indivíduos e número de incêndios (NF) ao longo de 20 anos (a). Relação entre densidade de indivíduos e tempo de retorno de fogo (TRF) ao longo de 20 anos (b), Alter do Chão.

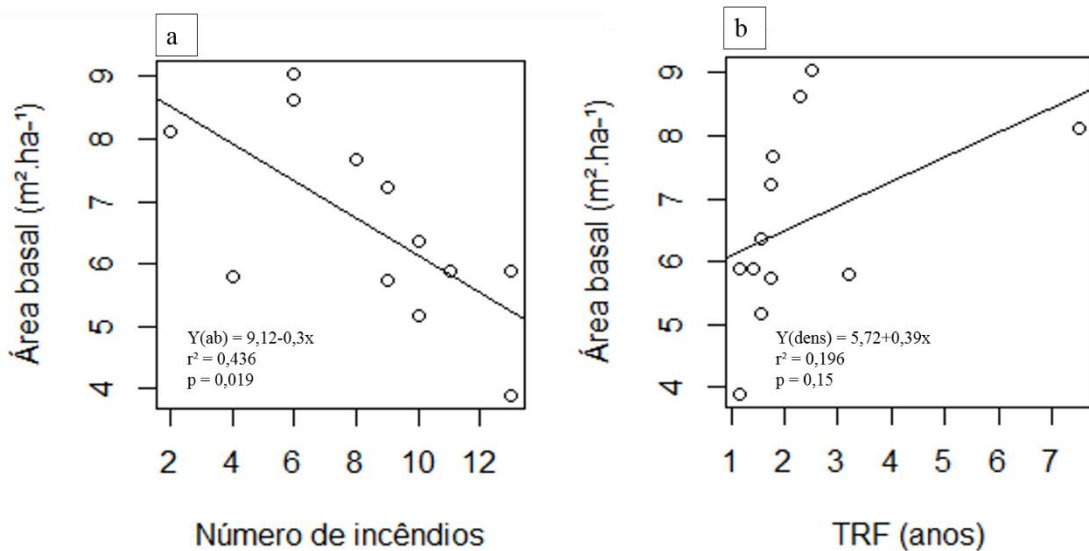


Figura 10 - Relação entre área basal e número de incêndios (NF) ao longo de 20 anos (a). Relação entre área basal e tempo de retorno de fogo (TRF) ao longo de 20 anos (b), Alter do Chão, Pará.

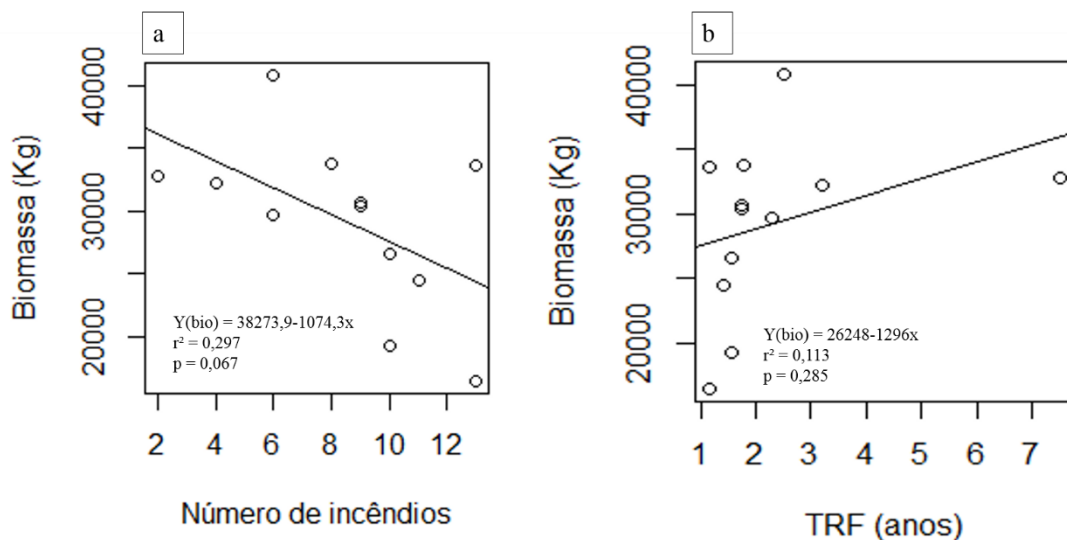


Figura 11 - Relação entre biomassa e número de incêndios (NF) ao longo de 20 anos (a). Relação entre biomassa e tempo de retorno de fogo (TRF) ao longo de 20 anos (b), Alter do Chão, Pará.

Constatou-se o que também foi encontrado em outras áreas da Savana Brasileira. Em uma área de cerrado *sensu stricto* no Distrito Federal, foi constatado que o fogo afetou principalmente os indivíduos lenhosos com diâmetro inferior a 4 cm e ocasionou o desaparecimento de algumas espécies (Fiedler et al., 2004). Durigan et al. (1994) analisando a estrutura de um cerrado em São Paulo com frequência de incêndio anual, observaram uma menor diversidade de espécies e simplificação da estrutura da vegetação em comparação com uma área adjacente onde não havia registros de fogo.

O tempo de retorno de fogo por sua vez, relaciona-se positivamente com as variáveis estruturais, quanto maior o tempo entre os incêndios, há um crescimento estrutural da vegetação arbustiva-arbórea. Somente a densidade apresentou relação positiva e significativa com o tempo de retorno de fogo ( $p < 0,05$ ). A análise demonstrou que 46% da densidade atual são explicados pelo tempo de retorno de fogo. Em uma área de Cerrado *sensu stricto* no Brasil Central, com tempo de retorno de fogo de 3 a 5 anos, ocorreram mudanças na densidade e área basal maiores do que observadas em outras florestas tropicais perenes (Felfili et al., 2000).

Para verificar a relação entre estrutura da vegetação e o fogo em Alter do Chão, foram necessários 20 anos de acompanhamento da ocorrência de fogo, corroborando com Miranda et al. (2009) quando afirmou que os organismos são adaptados a regimes de fogo e não ao evento fogo em si, da mesma maneira a estrutura atual da vegetação é reflexo, em parte, do regime de fogo a longo prazo.

A biomassa acima do solo da vegetação arbustiva-arbórea não apresentou nenhuma relação significativa com as variáveis de fogo. Isso demonstra a necessidade de desenvolvimento de equações específicas que estimem a biomassa para a região, talvez o modelo utilizado não foi capaz de reproduzir a biomassa próxima da verdadeira. Em Roraima, em formação de Campina, Barbosa e Ferreira (2004) desenvolveram equação para estimativa da biomassa acima do solo nessa vegetação. Esse estudo demonstrou que antes a biomassa era superestimada, e concluiu que por meio de equações específicas que levem em consideração a fisionomia da vegetação é possível refinar os cálculos de emissão de gases do efeito estufa que levam em consideração a queima e decomposição da biomassa acima do solo.

Os resultados encontrados nesse estudo reforçam o que foi proposto por Lehmann et al. (2014), sobre a relação fogo-vegetação-clima nas Savanas da África, Austrália e América do Sul. Foi observado que não há um padrão para os três continentes, a relação vai depender das histórias evolutivas e ambientais de cada região. Segundo esses autores, na América do Sul a força de interação entre componentes climáticos e a vegetação é menor ao observado na África e Austrália, entretanto, a ocorrência de fogo atua de forma negativa diminuindo a área basal nos três continentes.

#### 4. CONCLUSÕES

A relação entre fogo e vegetação arbustiva-arbórea na mancha de Savana Amazônica em Alter do Chão avaliada nesse trabalho, forneceu informações relevantes sobre como essa formação responde, em termos de diversidade e estrutura populacional das espécies, à presença do fogo, considerado aqui como fator modificador de longo prazo da paisagem. Dessa maneira, pôde-se verificar o que segue:

O fogo influencia a estrutura da vegetação arbustiva-arbórea em Alter do Chão, reduzindo a densidade e área basal dos indivíduos a longo prazo.

Em áreas de savana com menor incidência de fogo há maior riqueza de espécies, densidade de indivíduos, área basal, do que em áreas com alta frequência de fogo.

A mancha de savana Amazônica em Alter do Chão apresentou taxas de mortalidade e recrutamento elevadas, indicando futuras mudanças negativas nas populações de espécies com menor densidade de indivíduos atualmente.

Na SCF as espécies *Salvertia convallariodora*, *Himatanthus drasticus* e *Anacardium occidentale* são mais resistentes ao fogo.

Na SSF as espécies *Salvertia convallariodora*, *Qualea grandiflora* e *Pouteria ramiflora* são as mais importantes.

No decorrer dos 10 anos avaliados, apesar das mudanças, a savana apresentou elevada estabilidade, mantendo sua estrutura e diversidade de espécies, independente da frequência de fogo.

As diferenças em termos de diversidade florística e estrutura entre a SCF e a SSF as caracterizam como tipologias de Savana distintas. A SCF com fisionomia de Savana Arbórea Densa e a SSF Savana Arbórea Aberta.

Recomenda-se que os próximos levantamentos, nas parcelas que avaliam dinâmica da vegetação, sejam incluídos indivíduos arbustivos-arbóreos a partir de 2 cm de diâmetro, pois grande parte dos indivíduos nas Savanas possuem um porte pequeno.

Para avaliação da influência do fogo na estrutura da vegetação, recomenda-se a inclusão de maior número de amostras nas áreas com menor incidência de fogo.

Sugere-se que as informações de estrutura e dinâmica da vegetação aqui encontradas possam ser utilizadas no manejo e uso dos recursos naturais, como por exemplo no manejo de produtos não madeireiros, bem como para a conservação da Savana em Alter do Chão.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, R. C. R.; HOFFMANN, W. A.; VASCONCELOS, H. L.; PILON, N. A.; ROSSATTO, D. R.; DURIGAN, G. The biodiversity cost of carbon sequestration in tropical savanna. **Science Advance**, vol. 3, n. 8, 7 p., 2017.

AB'SABER, A. N. The paleoclimate and paleoecology of Brazilian Amazonia. In: PRANCE, C. T. **Biological diversification in the Tropics**. Columbia University Press. New York. p. 41-59, 1982.

ABSY, M. L.; Van der HAMMEM, T. Some palaeoecological data from Rondônia, Southern part of the Amazon Basin. **Acta Amazonica**, v. 6, n. 3, p. 293-299, 1976.

ALBERNAZ, A. L. Bioma Amazônia In: [S.I.] **Áreas prioritárias para conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. p. 29-41.

ALLABY, M. **Biomes of the Earth, Tropical Forests**. Nova York: Chelsea House Publishers, 2006. p. 1- 45.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMARAL, I. L.; MAGNUSSON, W. E.; MATOS, F. D. A.; ALBERNAZ, A. L. K.; FEITOSA, Y. O.; GUILLAUMET, J. L. Disentangling structural patterns of natural forest fragments in a savanna matrix in the eastern Brazilian Amazon. **Acta Amazonica**, v. 47, n. 2, p. 111-122, 2017.

ANDRADE, L. A. Z.; FELFILI, J. M.; VIOLATTI, L. Fitossociologia de uma área de Cerrado Denso na RECOR-IBGE, Brasília-DF. **Acta botânica brasílica**, v. 16, n. 2, p. 225-240, 2002.

AQUINO, F. G.; WALTER, B. M.; RIBEIRO, J. F. Dinâmica de populações de espécies lenhosas de Cerrado, Balsas, Maranhão. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 793-803, 2007a.

AQUINO, F.G.; WALTER, B.M.T.; RIBEIRO, J.F. Woody community dynamics in two fragments of “cerrado” *stricto sensu* over a sevenyear period (1995-2002), MA, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, p. 113-121, 2007b.

ARAÚJO, A. C. O.; BARBOSA, R. I. Riqueza e diversidade do estrato arbóreo-arbustivo de duas áreas de savanas em Roraima, Amazônia Brasileira. **Mens Agitat**, v. 2, n. 1, p. 11-18, 2007.

AUGUSTINE, D. J.; MCNAUGHTON, S. J. Regulation of shrub dynamics by native browsing ungulates on East African rangeland. **Journal of Applied Ecology**, v. 41, p. 45-58, 2004.

BARBOSA, R. I. **Savanas da Amazônia: emissão de gases do efeito estufa e material particulado pela queima e decomposição da biomassa acima do solo, sem a troca do uso da terra em Roraima, Brasil**. Tese de Doutorado, INPA/FUA, Manaus, 2001. 212 p.

BARBOSA R. I.; ARAUJO A. C. O.; MELO M. C. **Composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva nas parcelas permanentes das grades de savana do PPBio em Roraima (1° CENSO)**. Boa Vista, Roraima: INPA/Núcleo, PPBio-Roraima, 2010, 37 p.

BARBOSA, R. I.; CAMPOS, C.; PINTO, F.; FEARNSSIDE, P. M. The “*Lavrados*” of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil’s Amazonian Savannas. **Functional Ecosystems and Communities**, v. 1, n. 1, p. 29-41, 2007.

BARBOSA, R. I.; FEARNSSIDE, P. M. Fire frequency and area burned in the Roraima savannas of Brazilian Amazonia. **Forest ecology and Management**, v. 204, n. 2-3, p. 371-384, 2005.

BARBOSA, R. I.; FERREIRA, C. A. C. Biomassa acima do solo de um ecossistema de “campina” em Roraima, norte da Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica**, v. 34, n. 4, p. 577-586, 2004.

BERTRAM, J.; DEWAR, R. C. Statistical patterns in tropical tree cover explained by the different water demand of individual trees and grasses. **Ecology**, v. 94, p. 2138-2144, 2013.

BOND, W. J.; KEELEY, J. E. Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 20, p. 387-394, 2005.

BRAITHWAITE, R. W. Biodiversity and fire in the savanna landscape. In: O. T. SOLBRIG, O. T.; E. MEDINA, E.; SILVA, J. F. (Eds.). **Biodiversity and Savanna Ecosystem Processes**, Berlin: Springer-Verlag, p. 121–142, 1996.

BRITO, A.; FERREIRA, M. Z.; MELLO, J. M.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; ACEWRBI, F. W. Comparação entre os métodos de quadrantes e PRODAN para análises florística, fitossociológica e volumétrica. **Revista Cerne**, v. 13, n. 4, p. 399-405, 2007.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology**. 2.ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishers, 1984. 226 p.

BUCINI, G.; HANAN, N. P. A continental-scale analysis of tree cover in African savannas. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, p. 593-605, 2007.

CARVALHO, W. D.; MUSTIN, K. The highly threatened and little known Amazonian savannas. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 0100, 2017.

CINTRA, R.; SANAIOTTI, T. M. Fire effects on the composition of a bird community in an Amazonian savanna (Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n. 4, p. 683-695, 2005.

CLARK, D. A. & CLARK, D. B. Análisis de la regeneración de árboles del dosel em bosque muy húmedo tropical: aspectos teóricos y prácticos. *Revista de Biología Tropical*. v. 35, n. 1, p. 41-54, 1987.

COÊLHO, F. J. F.; FERREIRA, H. C.; BARROS-SILVA, S.; RIBEIRO, A. G.; TEREZO, E. F. M. IV – Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos naturais. In: BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SA. 21 Santarém: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra.** (Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais, v. 10). Rio de Janeiro, p. 311-405, 1976.

CONDIT, R.; HUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B. Short-term dynamics of a neotropical forest. *Bioscience*, v. 42, p. 822-828, 1992.

COSTA-NETO, S. V. **Fitofisionomia e florística de savanas do Amapá.** Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2014.

COUTINHO, L. M. **Contribuição ao conhecimento do papel ecológico das queimadas na floração de espécies do cerrado.** Livre-Docência Tese. Universidade de São Paulo, 1976.

COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 1, p. 17-23, 1978.

COUTINHO, L. M. Ecological Effects of Fire in Brazilian Cerrado. In: HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (Eds.) **Ecology of Tropical Savannas.** Berlin: Springer-Verlag, Ecological Studies, v. 42, p. 273-291, 1982.

COUTINHO, L. M. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: GOLDAMMER, J. G. (Ed.) **Fire in Tropical Biota,** Berlin: Springer-Verlag, p. 82-105, 1990.

DEUS, Y. S. **Dinâmica estrutural de uma savana amazônica sob diferentes regimes de queimada.** Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 2011.

DURIGAN, G.; LEITÃO-FILHO, H. F.; RODRIGUES, R. R. Phytosociology and structure of a frequently burnt Cerrado vegetation in SE-Brazil. *Flora*, v. 189, p. 153-160, 1994.

DURIGAN, G. Estrutura e diversidade de florestas tropicais. In: S.V. Martins (org.). **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil.** Editora UFV, Viçosa, p. 185-215, 2009.

FADINI, R. F.; LIMA, A. P. Fire and host abundance as determinants of the distribution of three congener and sympatric mistletoes in an Amazonian savanna. *Biotropica*, v. 44, n. 1, p. 27-34, 2012.

FARIA, A. S.; LIMA, A. P.; MAGNUSSON, W. E. The effects of fire on behaviour and relative abundance of three lizard species in an Amazonian savanna. *Journal of Tropical Ecology*, v. 20, n. 5, p. 591-594, 2004.

FERREIRA, A. M. M.; SALATI, E. Forças de transformação do ecossistema Amazônico Brasileiro. In: SALATI, E.; ABSY, M. L.; VICTORIA, R. L. (Orgs.). **Amazônia: Um ecossistema em transformação**. Manaus: INPA, p. 67-86, 2000.

FEARNSIDE, P.M.; FERRAZ, J. A conservation gap analysis of Brazil's Amazonian vegetation. **Conservation Biology**, v. 9, n. 5, p. 1-14, 1995.

FELFILI, J. M. **Structure and dynamics of gallery forest in Central Brazil**. 125f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Oxford University, Oxford, 1993.

FELFILI, J.M. Growth, recruitment and mortality in the Gama gallery forest in central Brazil over a six-year period (1985-1991). **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, p. 67-83, 1995.

FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V.; SILVA JÚNIOR, M. C.; SILVA, M. A. Changes in the floristic composition of cerrado sensu stricto in Brazil over a nine-year period. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 16, p. 579-590, 2000.

FELFILI, J. M.; SILVA, P. E. N. D.; SILVA JÚNIOR, M. C. D.; MARIMON, B. S.; DELITTI, W. B. C. Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de Água Boa–MT. **Acta botanica Brasilica**. V. 16, n. 1, p. 103-112, 2002.

FIEDLER, N. C.; REZENDE, A. V.; VENTUROILI, F. Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de cerrado sensu stricto na fazenda Água Limpa-DF. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, 2004.

FINGER, Z. **Fitossociologia de Comunidades Arbóreas em Savanas do Brasil Central**. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2008. 260 p.

FRANCO, A.; ROSSATTO, D.; SILVA, L. C. R.; FERREIRA, C. S. Cerrado vegetation and global change: the role of functional types, resource availability and disturbance in regulating plant community responses to rising CO<sub>2</sub> levels and climate warming. **Theor. Exp. Plant Physiol**, v. 26, p. 19-38, 2014.

FRANZINELLI, E.; POTTER, P.E. Petrology, chemistry, and texture of modern river sands, Amazon River system. **Journal of Geology**, 91, p. 23-39, 1984.

GADOW, K. V.; OROIS, S. S.; GONZÁLEZ, J. G. A. **Estructura y Crecimiento del Bosque**. Universidad de Santiago de Compostela, 2007, 282 p.

GIGNOUX, J.; LAHOREAU, G.; JULLIARD, R.; BAROT, S. Establishment and early persistence of tree seedlings in an annually burned savanna. **Journal Ecology**, v. 97, p. 484-495, 2009.

GOTELLI, N. J.; R. K. COLWELL. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**, v. 4, n. 4, p. 379-391, 2001.

GOTTSBERGER, G. E. W. MORAWETZ. Floristic, structural and phytogeographical analysis of the Savannas of Humaitá (Amazonas). **Flora**, v. 178, p. 41-71, 1986.

GOULDING, M., BARTHEM, R., FERREIRA, E. **The Smithsonian Atlas of the Amazon**. Washington: Smithsonian books. 2003. 256 pp.

GRACE, J., MALHI, Y., HIGUCHI, N.; MEIR, P. Productivity of tropical rain forests. In: MOONEY, H., ROY, J., SAUGIER, B. **Terrestrial global productivity: past, present and future**. (eds.) Sand Diego: Academic Press, p. 401–426, 2001.

HENRIQUES, R.P., HAY, J.D. Patterns and dynamics of plant populations. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.S. (Eds.). **Ecology and Natural History of a Neotropical savanna: The Cerrados of Brazil**. The University of Columbia Press, New York, p. 140-178, 2002.

HIGGINS, S. I.; BOND, W. J.; TROLLOPE, W. S. W. Fire, resprouting and variability, a recipe for grass–tree coexistence in savanna. **Journal of Ecology**, v. 88, p. 213-229, 2000.

HOFFMANN, W. A.; GEIGER, E. L.; GOTSCH, S. G.; ROSSATTO, D. R.; SILVA, L. C.; LAU, O. L.; HARIDASAN, M.; FRANCO, A. C. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes, **Ecology Letters**, v. 15, p. 759-768, 2012.

HUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B.; O'BRIEN, S.T.; HARMS, K.E.; CONDIT, R.; WECHSLER, B.; WRIGHT, S.; LAO, S.L. Light-gap disturbances, recruitment limitation, and tree diversity in a Neotropical Forest. *Science*, v. 283, p. 554-557, 1999.

HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (Eds.) **Ecology of Tropical Savannas**. Berlin: Springer-Verlag, Ecological Studies, v. 42, p. 677, 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE. 2 ed., (revista e atualizada), p. 274, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Banco de Dados de queimadas**. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>. Acesso em: 20 de nov. 2018.

KÖPPEN, W. P. **Climatologia**. Cidade do México, Buenos Aires: Fundo de Cultura Econômica, 1948. 479 p.

KORNING, J.; BALSLEV, H. Growth rates and mortality patterns of tropical lowland tree species and the relation to forest structure in Amazonian Ecuador. **Journal of Tropical Ecology**, v. 10, p. 151-166, 1994.

LACEY, C. J.; WALKER, J.; NOBLE, I. R. Fire in Australian Tropical Savannas. In: HUNTLEY, B. J.; WALKER, B. H. (Eds.) **Ecology of Tropical Savannas**. Berlin: Springer-Verlag, Ecological Studies, v. 42, p. 246-272, 1982.

LAURANCE, W. F.; COCHRANE, M. A.; BERGEN, S.; FEARNSTIDE, P. M.; DELAMBONICA, P.; BARBER, C.; D'ANGELO, S.; FERNANDES, T. The Future of the Brazilian Amazon. **Science**, v. 291, p. 438-439, 2001.

LAYME, V. M. G.; LIMA, A. P.; MAGNUSSON, W. E. Effects of fire, food availability and vegetation on the distribution of the rodent *Bolomys lasiurus* in an Amazonian savanna. **Journal of Tropical Ecology**, v. 20, n. 2, p. 183-187, 2004.

LEHMANN, C. E. R.; ARCHIBALD, S. A.; HOFFMANN, W. A.; BOND, W. J. Deciphering the distribution of the savanna biome, **New Phytol.**, v. 191, p. 197-209, 2011.

LEHMANN, C. E. R.; ANDERSON, T. M.; SANKARAN, M.; HIGGINS, S. I.; ARCHIBALD, S.; HOFFMANN, W. A.; HANAN, N. P.; WILLIAMS, R. J.; FENSHAM, R. J.; FELFILI, J.; HUTLEY, L. B.; RATNAM, J.; SAN JOSE, J.; MONTES, R.; FRANKLIN, D.; RUSSELL-SMITH, J.; RYAN, C. M.; DURIGAN, G.; HIERNAUX, P.; HAIDAR, R.; BOWMAN, D. M. J. S.; BOND, W. J. Savanna vegetation-fire-climate relationships differ among continents. **Science**, v. 343, p. 548-552, 2014.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M.; PERALTA, R.; HARTSHORN, S. Mortality patterns and stand turnover rates in a wet tropical forest in Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 73, p. 915-924, 1985.

LIMA, E. S.; LIMA, H. S.; RATTER, J. A. Mudanças pós-fogo na estrutura e composição da vegetação lenhosa, em um cerrado mesotrófico, no período de cinco anos (1997-2002) em Nova Xavantina – MT. **Cerne**, v. 15, n. 4, p. 468-480, 2009.

LLOYD, J.; BIRD, M. I.; VELLEN, L.; MIRANDA, A. C.; VEENENDAAL, E. M.; DJAGBLETEY, G.; MIRANDA, H. S.; COOK, G.; FARQUHAR, G. D. Contributions of woody and herbaceous vegetation to tropical savanna ecosystem productivity: a quasi-global estimate. **Tree Physiology**, v. 28, p. 451-468, 2008.

LLOYD, J.; GOULDEN, M. L.; OMETTO, J. P.; PATIÑO, S.; FYLLAS, N. M.; QUESADA, C. A. Ecophysiology of Forest and Savanna Vegetation. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P. S. (Eds.): **Amazonia and Global Change**. American Geophysical Union, Geophysical Monograph, Series 186, Washington DC, 2009.

LOUZADA, J.; LIMA, A. P.; MATAVELLI, R.; ZAMBALDI, L.; BARLOW, J. Community structure of dung beetles in Amazonian savannas: role of fire disturbance, vegetation and landscape structure. **Landscape ecology**, v. 25, n. 4, p. 631-641, 2010.

MAGNUSSON, W. E.; SANAIOTTI, T. M.; LIMA, A. P.; MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L.; ARAÚJO, M. C.; ALBERNAZ, A. L. K. A comparison of  $\delta^{13}\text{C}$  ratios of surface soils in savannas and forests in Amazonia. **Journal of Biogeography**, v. 29, p. 857-863, 2002.

MAGNUSSON, W. E.; LIMA, A. P.; ALBERNAZ, A. L. K., SANAIOTTI, T. M.; e GUILLAUMET, J. L. Composição florística e cobertura vegetal das savanas na região de Alter do Chão, Santarém – PA. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 1, p. 165-177, 2008.

MAGNUSSON, W. E.; LAYME, V. M. G.; LIMA, A. P. Complex effects of climate change: population fluctuations in a tropical rodent are associated with the southern oscillation index and regional fire extent, but not directly with local rainfall. **Global Change Biology**, v. 16, n. 9, p. 2401-2406, 2010.

MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M. 2000. Distribuição de diâmetros e alturas na floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. na reserva indígena Areões, Água Boa-MT, Brasil. **Revista Árvore**, v. 24, n. 2, p. 143-150, 2002.

MARTINS, F.R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: Ed. UNICAMP, 1991.

MARTINS, F. R. Para que serve a fitossociologia? In: JARDIM, M. A. G; BASTOS, M. N. C.; SANTOS, J. U. M. (Orgs.). **Desafios da botânica brasileira no novo milênio: inventário, sistematização e conservação da diversidade vegetal**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, EMBRAPA Amazônia Oriental, p. 252-254, 2003.

MEDEIROS, M. B.; MIRANDA, H. S. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botânica Brasilica**, v. 19, n. 3, p. 493-500, 2005.

MEWS, H. A. **Dinâmica da comunidade lenhosa de uma floresta estacional semidecidual na transição Cerrado-Floresta Amazônica, leste de Mato Grosso, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação. Nova Xavantina, 2010.

MEWS, H. A.; SCHWANTES MARIMON, B.; MARACAHIPES, L.; FRANZAK, D. D.; MARIMON-JUNIOR, B. H. Dinâmica da comunidade lenhosa de um Cerrado Típico na região Nordeste do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 73-82, 2011a.

MEWS, H. A.; MARIMON, B. S.; PINTO, J. R. R.; SILVÉRIO, D. V. Dinâmica estrutural da comunidade lenhosa em floresta estacional semidecidual na transição cerrado-floresta amazônica, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 4, 845-857, 2011b.

MILLS, A. J.; MILEWSKI, A. V.; FEY, M. V.; GRÖNGÖRFT, A.; PETERSEN, A.; SIRAMI, C. Constraint on woody cover in relation to nutrient content of soils in western southern Africa, **Oikos**, v. 122, p. 136-148, 2013.

MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C. The Fire Factor. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.S. (Eds.). **Ecology and Natural History of a Neotropical savanna: The Cerrados of Brazil**. The University of Columbia Press, New York, p. 51-68, 2002.

- MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.; NETO, W. N.; AIRES, F. S. Fires in the Cerrado, the Brazilian savanna. In: **Tropical fire ecology**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 427-450.
- MIRANDA, I. S. Estrutura do estrato arbóreo do cerrado amazônico em Alter-do-Chão, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 16, n. 2, p. 143-150, 1993.
- MIRANDA, I. S. Fenologia do estrato arbóreo de uma comunidade de cerrado em Alter-do-Chão, PA. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 18, n. 2, p. 235-240, 1995.
- MIRANDA, I. S.; ALMEIDA, S. S.; DANTAS, P. J. Florística e estrutura de comunidades arbóreas em cerrados de Rondônia, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 4, p. 419-430, 2006.
- MORO, M. F.; MARTINS, F. R. Métodos de Levantamento do Componente Arbóreo-Arbustivo. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA-NETO, J. A. A. (Eds.) **Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de caso**. Viçosa, Minas Gerais: Editora UFV, v. 1, p. 174-2012, 2011.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, G.H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Willey y Sons, 1974. 546 p.
- MURPHY, B. P.; BOWMAN, D. M. What controls the distribution of tropical forest and savanna? **Ecology Letters**, v. 15, p. 748-758, 2012.
- NOBRE, C. A.; OBREGÓN, G. O.; MARENGO, J. A.; FU, R. Characteristics of Amazonian Climate: Main Features. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P. S. (Eds.): **Amazonia and Global Change**. American Geophysical Union, Geophysical Monograph, Series 186, Washington DC, 2009, p. 273-292.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. In: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R.S. (Eds.). **Ecology and Natural History of a Neotropical savanna: The Cerrados of Brazil**. The University of Columbia Press, New York, p. 140-178, 2002.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 17, n. 2, p. 167-182, 1994.
- PACHZELT, A.; RAMMIG, A.; HIGGINS, S.; HICKLER, T. Coupling a physiological grazer population model with a generalized model for vegetation dynamics, **Ecol. Model.**, v. 263, p. 92-102, 2013.
- PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. An Overview of the Plant Diversity, Biogeography and Conservation of Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests. In: PENNINGTON, R. T., LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. (Orgs.). **Neotropical savannas and dry forests: diversity, biogeography, and conservation**. New York: CRC Press Taylor & Francis Group, p. 1-29, 2006.



PHILLIPS, O.L.; BAKER, T.R.; FELDPAUSCH, T.R.; BRIENEN R. **Manual de campo para o Estabelecimento e Remediação de Parcelas da RAINFOR**. Disponível em: [http://www.rainfor.org/upload/ManualsPOR/RAINFOR\\_field\\_manual\\_version2016\\_PT.pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualsPOR/RAINFOR_field_manual_version2016_PT.pdf) (Acessado em: 15 de dezembro de 2017). 2016. 29 p.

PRANCE, C.T. The origin and evolution of the Amazon flora. **Interciencia**, v. 3, p. 207-220, 1978.

PIRES, J.M.; PRANCE, G.T. The Vegetation Types of the Brazilian Amazon. In: PRANCE, G.T. AND LOVEJOY, T.E. **Key Environments Amazonia**. Oxford: Pergamon Press, p. 109-145, 1985.

RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its Biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, p. 223-230, 1997.

RAW, A.; HAY, J. D. Fire and other factors affecting a population of *Simaruba amara* in a “cerradão” near Brasília, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 9, p. 101-107, 1985.

RAYOL, B. P. **Análise florística e estrutural da vegetação xerofítica das savanas metalófilas na Floresta Nacional de Carajás: subsídios à conservação**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Rural da Amazônia/ Museu Paraense Emílio Goeldi. Belém, Pará, 2006.

RIBEIRO, S.C.; FEHRMANN, L.; BOECHAT SOARES, C.P.; GONÇALVES JACOVINE, L.A.; KLEINN, C.; DEOLIVEIRA GASPARGAR, R. Above-and below ground biomass in Brazilian Cerrado. **Forest Ecology and Management**, v. 262, p. 491-499, 2011.

RIBEIRO, M. N.; SANCHEZ, M.; PEDRONI, F.; PEIXOTO, K. S. Fogo e dinâmica da comunidade lenhosa em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, Mato Grosso. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 1, p. 203-217, 2012.

ROCHA, H. R.; MANZI, A. O.; SHUTTLEWORTH, J. Evapotranspiration. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P. S. (Eds.): **Amazonia and Global Change**. American Geophysical Union, Geophysical Monograph, Series 186, Washington DC, 2009, p. 273-292.

ROITMAN, I.; FELFILI, J.M.; REZENDE, A.V. 2008. Tree dynamics of a fire-protected cerrado *sensu stricto* surrounded by forest plantations, over a 13-year period (1991-2004) in Bahia, Brazil. **Plant Ecology**, v. 197, p. 255-267, 2008.

SANAIOTTI, T. M.; MAGNUSSON, W. E. Effects of annual fire on the production of fleshy fruits eaten by birds in a Brazilian Amazonian savanna. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, p. 53-65, 1995.

SANAIOTTI, T. M.; MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L.; TRUMBORE, S. E.; CAMARGO, P. B. Past vegetation changes in Amazon savannas determined using carbon isotopes of soil organic matter. **Biotropica**, v. 34, p. 2-16, 2002.

SANKARAN, M., HANAN, N. P., SCHOLES, R. J., RATNAM, J., AUGUSTINE, D. J., CADE, B. S., GIGNOUX, J., HIGGINS, S. I., LE ROUX, X., LUDWIG, F., ARDO, J., BANYIKWA, F., BRONN, A., BUCINI, G., CAYLOR, K. K., COUGHENOUR, M. B., DIOUF, A., EKAYA, W., FERAL, C. J., FEBRUARY, E. C., FROST, P. G. H., HIERNAUX, P., HRABAR, H., METZGER, K. L., PRINS, H. H. T., RINGROSE, S., SEA, W., TEWS, J., WORDEN, J.; ZAMBATIS, N. Determinants of woody cover in African savannas. **Nature**, v. 438, n. 8, p. 846-849, 2005.

SARMIENTO, G.; MONASTERIO, M. A critical consideration of the environmental conditions associated with the occurrence of savanna ecosystems in tropical America. In: GOLLEY, F.; MEDINA, E. (Eds). **Tropical Ecological Systems**. Springer Verlag, New York, pp. 223-250, 1975.

SARMIENTO, G.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. Adaptive strategies of woody species in neotropical savannas. **Biological Reviews.**, v. 60, p. 315-355, 1985.

SARTORI, Â. L. B. *Myroxylon* in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23098>>. Acesso em: 31 Jan. 2019.

SCHAAF, L. B. et al. Alteração na estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista no período entre 1979 e 2000. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.283-295, 2006.

SCHOLES, R. J.; DOWTY, P. R.; CAYLOR, K.; PARSONS, D. A. B.; FROST, P. G. H.; SHUGART, H. H. Trends in savanna structure and composition along an aridity gradient in the Kalahari. **Journal of Vegetation Science**, v. 13, p. 419-428, 2002.

SCHUBART, H. O. R. Características biológicas da Amazônia flora e fauna. In: SALATI, E.; ABSY, M. L.; VICTORIA, R. L. (Orgs.). **Amazônia: Um ecossistema em transformação**. Manaus: INPA, 2000. p. 47-66.

SCOLFORO, J. R. S., PULZ, F. A.; MELO, J. M. Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e a análise estrutural. In: SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal**. UFLA; FAEPE, Lavras, p.189-246, 1998.

SHEIL, D.; BURSLEM, D.F.R.P.; ALDER, D. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. **Journal of Ecology**, v. 83, p. 331-333, 1995.

SHEIL, D.; JENNINGS, S.; SAVILL, P. Long-term permanent plot observations of vegetation dynamics in Budongo, a Ugandan rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 16, p. 765-800, 2000.

SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. **Bioscience**, v. 52, n. 3, p. 225-233, 2002.

SILVA-JÚNIOR, M. C.; SILVA, A. F. Distribuição dos diâmetros dos troncos das espécies mais importantes do cerrado na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba (EFLEX)-M.G. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 2, p. 107-126, 1988.

SKOLE, D.; TUCKER, C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. *Science*, v. 260, n. 5116, p. 1905-1910, 1993.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa: UFV, 2006, 276p.

SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. B. **Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo**. Viçosa: UFV, 2013, 322p.

STAVER, A. C.; ARCHIBALD, S.; LEVIN, S. A. The global extent and determinants of savanna and forest as alternative biome states. *Science*, v. 334, p. 230–232, 2011.

TORELLO-RAVENTOS, M., FELDPAUSCH, T. R., VEENENDAAL, E., SCHRODT, F., SAIZ, G., DOMINGUES, T. F., DJAGBLETEY, G., FORD, A., KEMP, J., MARIMON, B. S., MARIMON, B. H., LENZA, E., RATTER, J. A., MARACAHIPES, L., SASAKI, D., SONKE, B., ZAPFACK, L., TAEDOUMG, H., VILLARROEL, D., SCHWARZ, M., QUESADA, C. A., ISHIDA, F. Y., NARDOTO, G. B., AFFUM-BAFFOE, K., ARROYO, L., BOWMAN, D. M. J. S., COMPAORE, H., DAVIES, K., DIALLO, A., FYLLAS, N. M., GILPIN, M., HIEN, F., JOHNSON, M., KILLEEN, T. J., METCALFE, D., MIRANDA, H. S., STEININGER, M., THOMSON, J., SYKORA, K., MOUGIN, E., HIERNAUX, P., BIRD, M. I., GRACE, J., LEWIS, S. L., PHILLIPS, O. L., AND LLOYD, J.: On the delineation of tropical vegetation types with an emphasis on forest/savanna transitions, *Plant Ecology and Diversity*, 6, 101–137, 2013.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 576 p.

Van den BERGH. **Fire occurrence and frequency and its relation to vegetation structure, patterns and dynamics in Sub-Saharan Africa**. Thesis of Masters, Wageningen University, Wageningen, Netherlands, 2008. 38 p.

Van der HAMMEN, T. The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. *Journal Biogeography*, v. 1., n. 1, p. 3-26, 1974.

VELDMAN, J. W.; OVERBECK, G. E.; NEGREIROS, D.; MAHY, G.; LE STRADIC, S.; FERNANDES, G. W.; DURIGAN, G.; BUISSON, E.; PUTZ, F. E.; BOND, W. J. Where Tree Planting and Forest Expansion are Bad for Biodiversity and Ecosystem Services. *Bioscience*, v. 65, n. 10, p. 1011–1018, 2015.

VEENENDAAL, E. M.; TORELLO-RAVENTOS, M.; FELDPAUSCH, T. R.; DOMINGUES, T. F.; GERARD, F.; SCHRODT, F.; SAIZ, G.; QUESADA, C. A.; DJAGBLETEY, G.; FORD, A.; KEMP, J.; MARIMON, B. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; LENZA, E.; RATTER, J. A.; MARACAHIPES, L.; SASAKI, D.; SONKÉ, B.; ZAPFACK, L.; VILLARROEL, D.; SCHWARZ, M.; YOKO ISHIDA, F.; GILPIN, M.; NARDOTO, G. B.; AFFUM-BAFFOE, K.; ARROYO, L.; BLOOMFIELD, K.; CECA, G.; COMPAORE, H.; DAVIES, K.; DIALLO, A.; FYLLAS, N. M.; GIGNOUX, J.; HIEN, F.; JOHNSON, M.; MOUGIN, E.; HIERNAUX, P.; KILLEEN, T.; METCALFE, D.; MIRANDA, H. S.; STEININGER, M.; SYKORA, K.; BIRD, M. I.; GRACE, J.; LEWIS, S.; PHILLIPS, O. L.; LLOYD, J. Structural, physiognomic and above-ground

biomass variation in savanna-forest transition zones on three continents – how different are co-occurring savanna and forest formations? **Biogeosciences**, v. 12, p. 2927-2951, 2015.

WALKER, B. H. **Structure and function of savannas: an overview**. Australian Academy of Science, Canberra, 1985.

WALKER, B. H.; LANGRIDGE, J. L. Predicting savanna vegetation structure on the basis of plant available moisture (PAM) and plant available nutrients (PAN): a case study from Australia. **Journal of Biogeography**, v. 24, p. 813-825, 1997.

WARMAN, L.; MOLES, A. T. Alternative stable states in Australia's Wet Tropics: a theoretical framework for the field data and a field-case for the theory, **Landscape Ecology**, v. 24, p. 1-13, 2009.

WATKINSON, A. R. Plant Population Dynamics. In: CRAWLEY, M. J. **Plant Ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, p. 359-400, 1997.

WERNECK, M.S.; FRANCESCHINELLI, E.V.; TAMEIRAO-NETO, E. Mudanças na florística e estrutura de uma floresta decídua durante um período de quatro anos (1994-1998), na região do Triângulo Mineiro, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 4, p. 401-413, 2000.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

## 6. ANEXOS

### 6.1. Fórmulas

#### Diversidade de espécies

$$H' = \frac{\left[ N \ln(N) - \sum_{i=1}^S n_i \ln(n_i) \right]}{N}$$

Em que:

$n_i$  = número de indivíduos amostrados da  $i$ -ésima espécie;

$N$  = número total de indivíduos amostrados;

$S$  = número total de espécies amostradas; e

$\ln$  = logaritmo de base neperiana.

#### Índice de similaridade de Jaccard

$$Sj = \frac{a}{a + b + c}$$

Em que:

$a$  = número de espécies presentes nas duas áreas;

$b$  = número de espécies exclusivas da área/amostra 1;

$c$  = número de espécies exclusivas da área/amostra 2.

#### Quociente de mistura de Jentsch (QM)

$$QM = \frac{S}{N}$$

Em que:

$S$  = número total de espécies amostradas; e

$N$  = número total de indivíduos amostrados.

#### Equabilidade J de Pielou

$$J = \frac{H'}{Hmax}$$

Em que:

$H'$  = Índice de Shannon-Weaver;

$Hmax = \ln(S)$ ;  $S$  é o número de espécies amostradas.

**Densidade Absoluta (DA<sub>i</sub>):**

$$DA_i = \frac{n_i}{A}$$

Em que:

$n_i$  = número de indivíduos mostrados da  $i$ -ésima espécie; e

$A$  = área amostrada, em hectare.

**Densidade Relativa (DR<sub>i</sub>):**

$$DR_i = \frac{n_i}{N} \times 100$$

$N$  = número total de indivíduos amostrados; e

$n_i$  = número de indivíduos mostrados da  $i$ -ésima espécie;

**Dominância Absoluta (DoA<sub>i</sub>):**

$$DoA_i = \frac{AB_i}{A}$$

Em que:

$AB_i$  = área basal da  $i$ -ésima espécie;

$A$  = área amostrada, em hectares.

**Dominância Total (DoT):**

$$DoT = \sum_{i=1}^S DoA_i$$

**Dominância Relativa (DoR<sub>i</sub>):**

$$DoR_i = \frac{DoA_i}{DoT} \times 100$$

**Valor de Cobertura (VC<sub>i</sub>)**

$$VC_i(\%) = \frac{DR_i + DoR_i}{2}$$

## **Dinâmica da vegetação**

### **Mortalidade**

$$M = \{1 - [(N_0 - m) / N_0]^{1/t}\} \times 100$$

Em que:

$N_0$  = Contagem inicial de indivíduos;

$m$  = indivíduos mortos;

$t$  = tempo transcorrido entre os dois levantamentos;

### **Recrutamento**

$$R_c = [1 - (1 - r/N_t)^{1/t}] \times 100$$

Em que:

$N_t$  = Contagem final de indivíduos.

$r$  = indivíduos recrutados;

$t$  = tempo transcorrido entre os dois levantamentos;

### **Perda em área basal**

$$P = \{1 - [(AB_0 - AB_m + AB_d) / AB_0]^{1/t}\} \times 100$$

Em que:

$AB_0$  = Área basal inicial;

$AB_m$  = Área basal dos indivíduos mortos;

$AB_d$  = Área basal do decremento (quebra ou perda parcial de tronco);

$t$  = tempo transcorrido entre os dois levantamentos;

### **Ganho em área basal**

$$G = \{1 - [1 - (AB_r + AB_g) / AB_t]^{1/t}\} \times 100$$

Em que:

$AB_t$  = Área basal final;

$AB_r$  = Área basal dos indivíduos recrutados;

$AB_g$  = Incremento em área basal dos sobreviventes.

$t$  = tempo transcorrido entre os dois levantamentos;

### **Meia vida ( $T_{1/2}$ )**

$$T_{1/2} = \ln(0,5) / M$$

Em que:

M = Taxa de mortalidade

### **Tempo de duplicação**

$$T_2 = \ln(2) / \ln(1 + Rc)$$

Em que:

Rc = Taxa de recrutamento

### **Estabilidade**

$$E = T_{(1/2)} - T_2$$

Em que:

$T_{(1/2)}$  = Tempo de meia vida

$T_2$  = Tempo de duplicação

### **Reposição**

$$R = (T_{(1/2)} + T_2) / 2$$

Em que:

$T_{(1/2)}$  = Tempo de meia vida

$T_2$  = Tempo de duplicação



## 6.2. Fichas de campo

### Ficha de campo – Parcelas TROBIT

<b>Parcela:</b>		<b>Ano de medição:</b>			<b>Equipe:</b>					<b>Data:</b>			
<b>Total de registros:</b>		<b>Nº Ingresso:</b>			<b>Auxiliar de Campo:</b>			<b>Hora de início:</b>		<b>Hora término:</b>			
Sub-parcela	X (m)	Y (m)	Nº Árvore	Família/ Espécie	CIF	CAP (cm)	POM (cm)	Altura Total	Diâmetro da Copa		Danos	Presença de lianas	OBS
									D1	D2			

**X e Y** – Coordenada de localização da planta dentro da parcela; **CIF** – Categoria de identificação do fuste; **CAP** – Circunferência do caule medido a 1,30 cm do solo; **POM** – Altura do ponto de medição (quando não for possível medir a 1,30 cm do solo);

Ficha de campo – Parcelas POPA

Parcela:		Ano de medição: 2018			Equipe:			Data:			Hora de início:			Hora término:		
Sub-parcela	X (m)	Y (m)	Nº Árvore	Família/ Espécie	C30 (cm)	CAP (cm)	Altura	Diâmetro da Copa		Presença Erva- de- Passarinho	LI	Flag 1	Flag 2	Flag 3	Coleta	OBS
								D1	D2							

**X e Y** – Coordenada de localização da planta dentro da parcela; **C30** – Circunferência do caule medido a 30 cm do solo; **CAP** – Circunferência do caule medido a 1,30 cm do solo; **LI** – Presença de liana; **Flag 1** – Condições da árvore viva; **Flag 2** – Condições da árvore morta; **Flag 3** – Técnica de medição. (Flag de acordo com *Manual de campo para a remedição e estabelecimento de parcelas* (RainFor) (Phillips et al., 2016).