



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

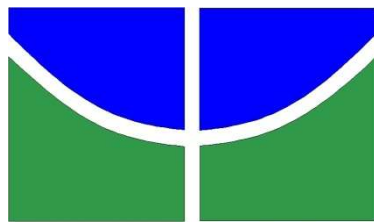
**MUDANÇA NA BIOMASSA ACIMA DO SOLO E NO ESTOQUE DE  
CARBONO DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVO-ARBÓREA EM CERRADO  
RUPESTRE NO PERÍODO DE 18 ANOS**

**Yohana Pereira Ditzel**

**Brasília, 15 de fevereiro de 2023**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

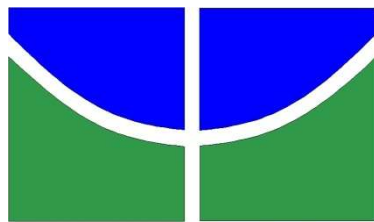
**MUDANÇA NA BIOMASSA ACIMA DO SOLO E NO ESTOQUE DE  
CARBONO DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVO-ARBÓREA EM CERRADO  
RUPESTRE NO PERÍODO DE 18 ANOS**

**Yohana Pereira Ditzel**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação  
apresentado ao Departamento de Engenharia  
Florestal da Universidade de Brasília como parte  
das exigências para obtenção do título de Bacharel  
em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Rodrigues Pinto

Brasília-DF, 15 de fevereiro de 2023



**Universidade de Brasília - UnB**  
**Faculdade de Tecnologia - FT**  
**Departamento de Engenharia Florestal – EFL**

**MUDANÇA NA BIOMASSA ACIMA DO SOLO E NO ESTOQUE DE  
CARBONO DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVO-ARBÓREA EM CERRADO  
RUPESTRE NO PERÍODO DE 18 ANOS**

Estudante: Yohana Pereira Ditzel

Matrícula: 17/0158837

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Rodrigues Pinto

Menção: \_\_\_\_\_

---

Prof. Dr. José Roberto Rodrigues Pinto  
Universidade de Brasília – UnB  
Departamento de Engenharia Florestal  
Orientador (EFL)

---

Prof. Dr. Ricardo Oliveira Gaspar  
Departamento de Engenharia Florestal– UnB  
Membro da Banca

---

Prof. Dr. Reuber Albuquerque Brandão  
Departamento de Engenharia Florestal– UnB  
Membro da Banca

Brasília-DF, 15 de fevereiro de 2023

## FICHA CATALOGRÁFICA

DITZEL, YOHANA PEREIRA

MUDANÇA NA BIOMASSA ACIMA DO SOLO E NO ESTOQUE DE CARBONO DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVO-ARBÓREA EM CERRADO RUPESTRE NO PERÍODO DE 18 ANOS.

33 p., 210 x 297mm (EFL/FT/UnB, Engenheira, Engenharia Florestal, 2023).

Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal

1. Ambientes rupestres

2. Dinâmica da vegetação

3. Biomassa

4. Distúrbios

I. EFL/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DITZEL, Y. P. (2023). **MUDANÇA NA BIOMASSA ACIMA DO SOLO E NO ESTOQUE DE CARBONO DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVO-ARBÓREA EM CERRADO RUPESTRE NO PERÍODO DE 18 ANOS**. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 32 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Yohana Pereira Ditzel

TÍTULO: *Mudança na biomassa acima do solo e no estoque de carbono da vegetação arbustivo-arbórea em Cerrado Rupestre no período de 18 anos.*

GRAU: Engenheira Florestal

ANO: 2023

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Yohana Pereira Ditzel

yohanaditzel@gmail.com

Dedico à minha família, meus amigos e a todos àqueles que  
contribuem para a conservação da natureza!

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, principalmente minha mãe e minha irmã, por toda paciência, amor, incentivo e pela educação.

Agradecimento especial ao meu orientador, José Roberto, pela paciência, disponibilidade, atenção, pelo exemplo de pessoa e profissional e pelos conhecimentos adquiridos durante esse tempo.

À Universidade de Brasília e Departamento de Engenharia Florestal por proporcionar um ensino de qualidade.

A todos professores e professoras que contribuíram na minha formação.

À todas amigas que fiz durante a graduação, em especial Walmir Mesquita e Alexandre Toledo e Karen Fernandes por todas as imensas ajudas, pelos campos realizados e por todos momentos vividos.

Ao meu namorado, pela paciência, companheirismo, carinho e ajudas.

E à todas as pessoas que de certa forma contribuíram de alguma forma para que eu me tornasse quem eu sou hoje e fizeram parte dessa fase da minha vida! MUITÍSSIMO OBRIGADA!

*“O caminho mais límpido para adentrar o universo é através de uma floresta selvagem”.*

**(John Muir)**

## RESUMO

Ditzel, Yohana Pereira (DITZEL, Y. P.) **MUDANÇA NA BIOMASSA ACIMA DO SOLO E NO ESTOQUE DE CARBONO DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVO-ARBÓREA EM CERRADO RUPESTRE NO PERÍODO DE 18 ANOS**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Os ecossistemas naturais possuem papel importante no processo de estocagem de biomassa vegetal e de carbono. Devido à heterogeneidade de paisagens e da estrutura da vegetação no Cerrado, monitorar esses estoques não é simples, mas é de extrema relevância, diante das crescentes taxas de desmatamento. Portanto, entender como a vegetação desse bioma se comporta ao longo do tempo, diante da interferência antrópica, é importante para criar estratégias de conservação. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a dinâmica da vegetação arbustivo-arbórea baseado na área basal, biomassa acima do solo e no estoque de carbono, no período de 18 anos de monitoramento de uma área de Cerrado Rupestre localizada no Parque Estadual dos Pirineus, Goiás. A vegetação foi monitorada em 10 parcelas permanentes, de 20 x 50 m (1000 m<sup>2</sup>). Os indivíduos sobreviventes foram remeidos e analisados os recrutas com diâmetro maior ou igual a 5 cm, medido a 30cm do solo ( $Db_{30cm} \geq 5$  cm). Em 2004 foram amostrados 614 indivíduos, totalizando 5,04 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> de área basal, e 13.183 kg.ha<sup>-1</sup> de biomassa, sendo o estoque de carbono de 3.141,10 kg.ha<sup>-1</sup>. Já em 2022 foram amostrados 547 indivíduos, totalizando 4,50 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> de área basal. O estoque de biomassa foi de 12.409 kg.ha<sup>-1</sup>, e o acúmulo do estoque de carbono foi de 3.004,61 kg.ha<sup>-1</sup>. Em 18 anos, as taxas de mortalidade de área basal e perda de biomassa acima do solo foram maiores que às taxas de ganho, porém apresentaram dinâmica acelerada (taxa de reposição de 7,69% quanto a área basal e 7,43% para biomassa). A diminuição tanto do número de indivíduos, área basal, biomassa acima do solo e do estoque de carbono, é reflexo dos distúrbios recorrentes que ocorrem na área, como o fogo e a presença de bovinos e cavalos. Assim, as políticas de conservação devem conduzir ações para ambientes rupestres, em razão da sua vulnerabilidade diante dos distúrbios antrópicos e das mudanças climáticas. Com relação ao PEP, em especial, é recomendado o manejo do fogo, bem como o controle e fiscalização na entrada de bovinos e cavalos no Parque.

**Palavras-chave:** Ambientes rupestres; Área basal; Biomassa; Dinâmica da Vegetação.



## ABSTRACT

Ditzel, Yohana Pereira (DITZEL, Y. P.) **CHANGE IN ABOVEGROUND BIOMASS AND CARBON STOCK OF TREE-SHRUB COVERED VEGETATION IN CERRADO RUPESTRE OVER AN 18-YEAR PERIOD.** Monograph (Forest Engineering Degree) – University of Brasília, Brasília, DF.

Natural ecosystems play an important role in the process of storing plant biomass and carbon. Due to the heterogeneity of landscapes and vegetation structure in the Cerrado, monitoring these stocks is not simple, but it is extremely relevant, given the increasing deforestation rates. Therefore, understanding how the vegetation of this biome behaves over time, in the face of human interference, is important to create conservation strategies. Thus, the objective of this work was to analyze the dynamics of shrub-tree vegetation based on basal area, aboveground biomass and carbon stock during an 18-year monitoring period in an area of Cerrado Rupestre located in Pirineus State Park, Goiás. Vegetation was monitored in 10 permanent plots, 20 x 50 m (1000 m<sup>2</sup>). Surviving individuals from previous inventories were re-measured, and recruits with diameters greater than or equal to 5 cm, measured at 30 cm from the ground ( $Db_{30cm} \geq 5$  cm), were analyzed. In 2004, 614 individuals were sampled, totaling 5.04 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> of basal area, and 13,183 kg.ha<sup>-1</sup> of biomass, with a carbon stock of 3,141.10 kg/ha. In 2022, 547 individuals were sampled, totaling 4.50 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> of basal area. The biomass stock was 12,409 kg.ha<sup>-1</sup>, and the carbon stock accumulation was 3,004.61 kg.ha<sup>-1</sup>. In 18 years, the rates of mortality of basal area and loss of above ground biomass were higher than the rates of gain, but showed accelerated dynamics (replacement rate of 7.69% for basal area and 7.43% for biomass). The decrease in the number of individuals, basal area, above ground biomass and carbon stock reflects the recurrent disturbances that occur in the area, such as fire and the presence of cattle and horses. Thus, conservation policies should lead actions for rupestrian environments, due to their vulnerability to human disturbance and climate change.

**Keywords:** Rupestrian Environments; Basal Area; Biomass; Vegetation Dynamics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do Parque Estadual dos Pirineus, Goiás - Brasil. Com destaque à área de estudo. Fonte: Rocha (2017). .....	13
Figura 2. Focos de calor no período de 2001 a 2015 na região do Parque Estadual dos Pirineus – Goiás. Fonte: Rocha (2017).....	22

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número de indivíduos (N), Área basal (AB) em $m^2.ha^{-1}$ , Biomassa acima do solo em $kg. ha^{-1}$ e Estoque de Carbono (EC) em $kg. ha^{-1}$ para os dois anos de inventário da vegetação arbustivo-arbórea em Cerrado Rupestre no Parque Estadual dos Pirineus, Goiás. ....	17
Tabela 2. Espécies arbustivo-arbóreas amostradas nos anos 2004 e 2022 ( $Db_{30cm} \geq 5$ cm) em Cerrado Rupestre no Parque Estadual dos Pirineus – Goiás, com seus respectivos valores de altura (máximo e mínimo) em m, diâmetro (máximo e mínimo) em cm, área basal em $m^2.h$ .....	18
Tabela 3. Parâmetros de dinâmica da vegetação arbustivo-arbórea ( $Db_{30cm} \geq 5$ cm) amostrada em Cerrado Rupestre, no Parque Estadual dos Pirineus – Goiás.....	21

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Área de estudo .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Base de dados .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Análise dos dados.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>25</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas possuem papel importante dentro do ciclo do carbono (AZEVEDO *et al.*, 2022), já que a vegetação tem a capacidade de fixar dióxido de carbono da atmosfera (ROQUETTE, 2018). Entretanto, as mudanças no uso da terra, contribuem fortemente para o aumento das emissões de carbono (AZEVEDO *et al.*, 2022), uma vez que, apesar da capacidade de um ecossistema absorver ou emitir gás carbônico depender de vários fatores bióticos, químicos e físicos, as ações antrópicas influenciam em todos os processos, alterando as características dos serviços prestados por ele, que incluem a redução dos níveis de carbono na atmosfera. (ADUAN; VILELA; KLINK, 2003; ROQUETTE, 2018; SILVA *et al.*, 2008)

Diante a alteração no uso do solo e da supressão da vegetação, avaliar a capacidade de armazenamento e potencial emissão de carbono através de estudos sobre a biomassa existente nos ecossistemas é bastante relevante (ROQUETTE, 2018). Uma vez que, diante o cenário de aumento dessas concentrações de carbono na atmosfera, mudanças climáticas e atividades antrópicas, entender como os ecossistemas respondem a essas mudanças é cada vez mais importante (MEIRA *et al.*, 2020) além de subsidiar estratégias de manejo, uso e conservação do solo (DE AZEVEDO *et al.*, 2022).

Aliado a isso, o comportamento de áreas naturais nos ecossistemas que sofreram alguma intervenção antrópica é pouco conhecido. (AZEVEDO *et al.*, 2022). Para entender como a vegetação se comporta, principalmente quanto ao acúmulo de biomassa, o monitoramento dessas áreas é de extrema relevância. (AZEVEDO *et al.*, 2022). Nesse cenário, estudos de longo prazo permitem avaliar as mudanças estruturais das comunidades e a resiliência dos ecossistemas (FELFILI, 1997). A dinâmica da vegetação se baseia na avaliação temporal das taxas de mortalidade, recrutamento e crescimento dos indivíduos (KORNING & BALSLEV, 1994; PHILLIPS *et al.*, 2009) bem como a influência dos distúrbios que afetam essas taxas, bem como mudanças na biomassa e no acúmulo de carbono (AHLSTRÖM *et al.*, 2015; PUGH *et al.*, 2019)

Assim, o Cerrado apresenta alto grau de endemismo (MENDONÇA *et al.*, 2008; STRASSBURG *et al.*, 2017), com cerca de 4.800 espécies de plantas e vertebrados que não são encontrados em nenhum outro lugar (STRASSBURG *et al.*, 2017). No entanto, sofre elevada ameaça à sua biodiversidade e é considerado um *hotspot* mundial para a conservação (STRASSBURG *et al.*, 2017). Além da importância da biodiversidade do Cerrado, as savanas tropicais são essenciais no sistema climático, uma vez que respondem por 21% da

evapotranspiração global (MIRALLES *et al.*, 2011) e contribuem com 43% das águas superficiais do Brasil (STRASSBURG *et al.*, 2017)

O bioma apresenta grande variação latitudinal e ambiental (RIBEIRO & WALTER, 2008; SANO *et al.*, 2010), sendo composto por um mosaico de paisagens, constituídas de diferentes fitofisionomias, associadas a fatores ambientais e fisiográficos locais (FRANÇOSO *et al.*, 2015). Em razão dessa heterogeneidade, monitorar estoques de biomassa e carbono não é um processo simples. (ZIMBRES *et al.*, 2021).

No Cerrado, sabe-se que a biomassa varia de acordo com a formação vegetal, isto é, depende do grau do estrato herbáceo- arbustivo, com média de 24,75 tC.ha<sup>-1</sup> em pastagens, 39,9 tC.ha<sup>-1</sup> em savanas, e 80,6 tC.ha<sup>-1</sup> em florestas (ZIMBRES *et al.*, 2021), além de variar também entre a proporção da biomassa aérea e subterrânea (ROQUETTE, 2018). Entretanto ainda é preciso mais estudos quanto à biomassa e o estoque de carbono no Cerrado, principalmente em ambientes de afloramentos rochosos, já que a maioria deles é focado no bioma Amazônia. (FEARNSIDE; GUIMARÃES, 1996)

Entretanto, apesar da importância do Cerrado para o país e para o mundo, o bioma já perdeu cerca de 46% da vegetação nativa (STRASSBURG *et al.*, 2017), já que atualmente o Cerrado vem sofrendo altas taxas de conversão de terras, em razão da expansão agrícola e pecuária (ALENCAR *et al.*, 2020; SPERA *et al.*, 2016; STRASSBURG *et al.*, 2017). Restando apenas 6,5% da vegetação nativa remanescente do Cerrado que são encontradas em unidades de conservação legalmente instituídas (ALENCAR *et al.*, 2020). Portanto, as mudanças ambientais que estão ocorrendo afetam tanto a biodiversidade como também o clima (HOFMANN *et al.*, 2021)

O Cerrado possui 11 diferentes fitofisionomias, sendo o cerrado rupestre um subtipo do cerrado sentido restrito. O cerrado rupestre apresenta solos rasos, com afloramentos rochosos, além de apresentar espécies especialmente adaptadas a este ambiente (RIBEIRO & WALTER, 2008; PINTO *et al.*, 2009).

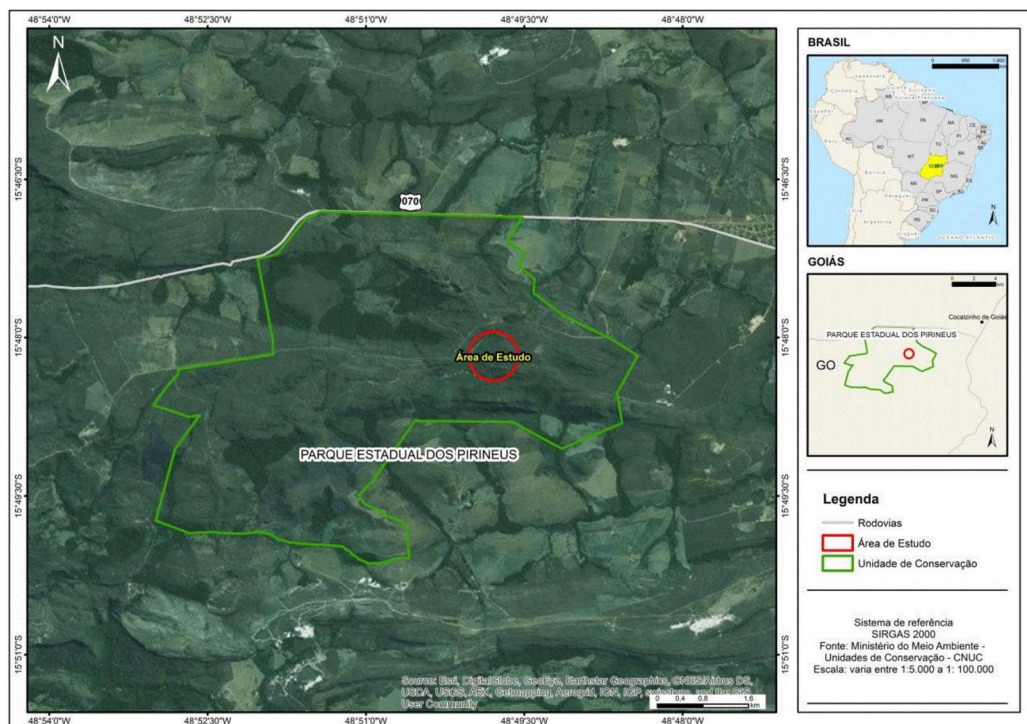
Assim, o objetivo do presente trabalho foi analisar a dinâmica da vegetação arbustivo-arbórea com base na área basal, biomassa e o estoque de carbono, no período de 18 anos de monitoramento de uma área de Cerrado Rupestre localizada no Parque Estadual dos Pirineus, Goiás.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em uma área de Cerrado Rupestre (coordenadas 15°47'45,0'' S; 48°49'55,3'' W e 15°47'42,9'' S e 48°49'45,4'' W, altitude?), localizada no Parque Estadual dos Pirineus, Goiás – PEP (Figura 1). O PEP está distante cerca de 120 km de Brasília, situado entre os municípios de Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás e Pirenópolis, no alto da Serra dos Pirineus. O Parque apresenta aproximadamente 2.822 ha, com altitudes que variam entre 1100 m e 1385 m (AGÊNCIA AMBIENTAL DE GOIÁS & NATIVA, 2002).

O clima na região é do tipo Aw de Köppen, tropical úmido, com duas estações bem definidas. O período de outono/inverno é caracterizado pela seca entre abril e outubro, e outra úmida, de novembro a março, com chuvas fortes referentes ao período de primavera/verão (ALVARES *et al.*, 2013). A temperatura média anual é de 22°C e a precipitação média anual varia entre 1500 mm e 1750 mm (AGÊNCIA AMBIENTAL DE GOIÁS & NATIVA, 2002).



**Figura 1.** Localização do Parque Estadual dos Pirineus, Goiás - Brasil. Com destaque à área de estudo. Fonte: Rocha (2017).

Os solos predominantes no PEP são os Cambissolos, pouco profundos, pobres em matéria orgânica e cascalhento (MOURA *et al.*, 2007) e considerados, em grande parte, como Litólico, em razão da ocorrência de afloramentos rochosos e a presença de lajedos (AGÊNCIA AMBIENTAL DE GOIÁS & NATIVA, 2002). Além disso, o PEP se encontra em uma área com relevo íngreme (RIBEIRO & WALTER, 2008), no Planalto do Alto do Tocantins-

Paranaíba, uma subunidade morfoestrutural onde se encontram rochas do Grupo Araxá, compostas pela associação quartzo-muscovita-xisto e quartzitos (AGÊNCIA AMBIENTAL DE GOIÁS & NATIVA, 2002).

A vegetação no Parque é caracterizada como típica do Cerrado, representada pelas fitofisionomias Campo Rupestre e Cerrado Rupestre nas áreas íngremes com afloramentos rochosos, Campo Limpo e Campo Sujo nas áreas de baixadas, Floresta Estacional Semidecidual nas encostas e Matas de Galeria e Veredas às margens dos cursos d'água (PINTO; LENZA; PINTO, 2009)

Na área de estudo ocorrem atividades antrópicas, principalmente na borda nordeste do Parque, onde são permitidas atividades como a agropecuária (ROCHA; PINTO, 2021), realizadas na APA dos Pirineus, que engloba o Parque e abrange um total de 22.800 ha (SEMA, 2021). Com a presença de gramíneas exóticas e de bois e cavalos no interior do Parque, a regeneração da vegetação nativa é afetada negativamente, além de facilitar a ocorrência de queimadas (SALMONA; RIBEIRO; MATRICARDI, 2014; ROCHA, 2017)

## 2.2 Base de dados

Os dados foram provenientes de uma área de Cerrado Rupestre monitorada repetidamente nos anos 2004 a 2009 (ARCELA, 2009), 2016 (ROCHA; PINTO, 2021) e 2022 (DE MOURA, 2022). Entretanto, para a finalidade deste estudo, apenas 2004 e 2022 foram considerados nas análises.

Na amostragem inicial da vegetação (2004), foram demarcadas 10 parcelas permanentes de 20 x 50 m, totalizando 1.000 m<sup>2</sup>, seguindo Felfili et al. (2005). Foram mensurados todos os indivíduos de diâmetro da base  $Db_{30cm} \geq 5$  cm, bem como a altura total de cada um deles. Todos indivíduos amostrados foram marcados com plaquetas de alumínio codificadas, a fim de facilitar seu encontro nos inventários seguintes. Para a reavaliação dos inventários nos anos subsequentes, a vegetação arbustivo-arbórea foi remeida tanto a altura como o diâmetro da base  $Db_{30cm} \geq 5$  cm de cada indivíduo. Indivíduos que não foram encontrados e que não apresentaram atividade fisiológica foram considerados mortos, e aqueles que alcançaram o valor mínimo do critério de inclusão ( $Db_{30cm} \geq 5$  cm) foram considerados como recrutas. Para os recrutas foram mensuradas a altura total, com auxílio da régua telescópica, o diâmetro a 30cm do solo, com fita métrica, bem como sua identificação botânica. Para indivíduos com ramificações abaixo de 30 cm foi calculada a média quadrática (diâmetro equivalente) dos fustes (PINTO; LENZA; PINTO, 2009), por outro lado, ao calcular o diâmetro equivalente as



estimativas de biomassa acima do solo podem ser superestimadas, já que as alturas dos fustes são consideradas todas iguais. Todos os recrutados foram marcados com plaquetas de alumínio codificadas. A coleta de amostras de material botânico foi realizada para aqueles indivíduos que não foram identificados em campo para posterior identificação. Os indivíduos dos quais não foram identificados em campo, foram coletadas amostras de material botânico para posterior identificação. A classificação botânica foi baseada no sistema *Angiosperm Phylogeny Group* (APG IV, 2016), sendo a nomenclatura botânica conferida na lista da Flora do Brasil (Flora do Brasil, 2020).

Além disso, foram considerados indivíduos sobreviventes aqueles que não foram encontrados em 2016 mas registrados nos inventários anteriores e localizados em 2022. Para esses casos, a altura total e o diâmetro foram considerados os mesmos valores encontrados em 2022 e assim, apontado como sem mudança nos parâmetros nesse intervalo de tempo.

### 2.3 Análise dos dados

Para analisar as mudanças na vegetação calculamos os parâmetros relativos à dinâmica da vegetação arbustivo-arbórea com base nos dados de área basal e biomassa acima do solo, (Oliveira-Filho et al., 1997). A partir dos dados de área basal e da biomassa acima do solo, foram calculadas as taxas de ganho e de perda anual (SHEIL et al., 1995), tempos de meia vida e de duplicação (LIBERMAN et al., 1985), taxa de rotatividade (*turnover rate*), estabilidade e o tempo de reposição (*turnover*) (KORNING & BALSLEV, 1994), cujo cálculo foi realizado pelos valores de meia vida e de duplicação. O tempo de meia vida equivale ao tempo estimado para a vegetação reduzir à metade o valor do parâmetro considerado em função da taxa de perda; ao passo que a duplicação, é o tempo estimado para duplicar o valor do parâmetro considerado em função da taxa de ganho e o tempo de reposição é a média entre os tempos de meia vida e de duplicação (OLIVEIRA-FILHO et al., 1997). Ademais, também foi calculado o estoque de carbono com base no diâmetro à 30 cm do solo e altura total dos indivíduos, de acordo com as equações a seguir.

Para compensar o longo intervalo entre as duas medições (18 anos) foi utilizado o fator de correção de Lewis (LEWIS et al., 2004), aplicados às taxas de mortalidade, recrutamento, perda e ganho, conforme a fórmula:

$$L = \lambda * t^{0,08}$$

Onde:

L = fator de correção de Lewis

$\lambda$  = taxa a ser corrigida

t = tempo

Para o cálculo da área basal, a fórmula utilizada foi:

$$AB = \pi * \frac{DAS^2}{40.000}$$

Onde:

AB = área basal (m)

DAS = diâmetro tomado a 30cm do solo (cm)

Para análise da biomassa lenhosa verde e do estoque de carbono, foi adotado as equações propostas por (REZENDE *et al.*, 2006), das quais apresentaram os melhores coeficientes de determinação e erro percentual, cuja fórmula para biomassa é expressa por:

$$Y = 0,03047Db^{2,27159}Ht^{0,89748}$$

Onde:

Y = biomassa verde (kg)

Db = diâmetro tomado a 30cm do solo (cm)

Ht = altura total (m)

R<sup>2</sup> = 99,17%

Syx = 28,09%

E a fórmula para cálculo do estoque de carbono expressa por:

$$Y = 0,24564 + 0,01456(Db^2Ht)$$

Onde:

Y = estoque de carbono (kg)

Db = diâmetro tomado a 30 cm do solo (cm)

Ht = altura total (m)

R<sup>2</sup> = 98,28%

Syx = 25,79%

### 3 RESULTADOS

Em 2004 foram amostrados 614 indivíduos, totalizando 5,04 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> de área basal. Em 2022 houve diminuição de 0,54 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> em área basal e foram amostrados 547 indivíduos (Tabela 1). O mesmo ocorreu para a biomassa e o estoque de carbono, de tal forma que a biomassa inicial era de 13.183 kg.ha<sup>-1</sup> e em 2022 foi de 12.409 kg.ha<sup>-1</sup>, enquanto o estoque de carbono, apesar de ter apresentado pequena variação, diminuiu de 3.141,10 kg.ha<sup>-1</sup> em 2004 para 3.004,61 kg.ha<sup>-1</sup> em 2022 (Tabela 1). Assim, nos 18 anos de monitoramento houve redução de 10,91% no número de indivíduos, 10,71% de área basal, 5,86% de biomassa e 4,34% do estoque de carbono.

**Tabela 1.** Número de indivíduos (N), Área basal (AB) em m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>, Biomassa acima do solo em kg.ha<sup>-1</sup> e Estoque de Carbono (EC) em kg.ha<sup>-1</sup> para os dois anos de inventário da vegetação arbustivo-arbórea em Cerrado Rupestre no Parque Estadual dos Pirineus, Goiás.

Ano	N	AB	Biomassa	EC
2004*	614*	5,0415*	13.183,00	3.141,10
2022*	547 <sup>#</sup>	4,5044 <sup>#</sup>	12.409,43	3.004,61

\*Fonte: ROCHA (2017), com adaptações. # Fonte: Moura (2022), com adaptações

Algumas espécies se destacaram quanto ao acúmulo de área basal como *Norantea adamantium* e *Hymeneaea stigonocarpa* e, conseqüentemente, quanto à biomassa e ao estoque de carbono nos anos inventariados (Tabela 2). Entretanto, no período de 18 anos, houve inclusão de algumas espécies que contribuíram no acúmulo de biomassa em 2022, como *Tachigali vulgaris*. Espécies como *Aspidosperma macrocarpon*, *Guapira noxia* e *Miconia burchellii* aumentaram a área basal, a biomassa e o estoque de carbono durante o período. Por outro lado, *Myrsine guianensis* e *Miconia ferruginata* diminuíram seus acúmulos de biomassa, e a morte da espécie *Eriotheca pubescens* contribuiu para a diminuição do acúmulo de biomassa total.

**Tabela 2.** Espécies arbustivo-arbóreas amostardadas nos anos 2004 e 2022 (Db30cm  $\geq$  5 cm) em Cerrado Rupestre no Parque Estadual dos Pireneus – Goiás, com seus respectivos valores de altura (máximo e mínimo) em m, diâmetro (máximo e mínimo) em cm, área basal em m<sup>2</sup>/ha

Nome científico	2004					Nome científico	2022				
	Intervalo altura	Intervalo DAS	AB	Biomassa	EC		Intervalo altura	Intervalo DAS	AB	Biomassa	EC
<i>Norantea adamantium</i>	0,4-5,2	7,00-48,70	1,06	3.554,52	768,58	<i>Schwartzia adamantium</i>	0,3-6,0	4,27-42,33	0,62	2.189,52	471,76
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	0,6-5,8	5,09-23,55	0,27	779,34	196,16	<i>Guapira noxia</i>	1,5-6,2	3,00-29,92	0,44	1320,34	320,33
<i>Eriotheca pubescens</i>	11,0	31,19	0,08	649,96	155,6	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	1,4-5,6	2,56-33,33	0,27	1059,65	242,71
<i>Myrsine guianensis</i>	2,3-5,2	5,09-21,96	0,20	588,02	149,49	<i>Tachigali vulgaris</i>	4,0-8,3	8,91-25,78	0,18	904,08	229,28
<i>Miconia ferruginata</i>	1,1-4,2	5,72-16,23	0,26	551,36	143,43	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	1,4-6,0	5,09-20,69	0,25	689,38	180,29
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	2,5-7,2	5,63-20,05	0,14	544,4	145,20	<i>Copaifera langsdorffii</i>	3,1-9,6	9,54-32,79	0,09	658,23	153,87
<i>Psidium myrsinoides</i>	1,4-4,6	5,09-14,64	0,27	515,78	140,62	<i>Psidium myrsinites</i>	1,5-4,8	3,15-14,43	0,28	578,74	157,72
<i>Vellozia squamata</i>	0,6-2,9	5,09-15,55	0,39	457,69	108,26	<i>Miconia burchellii</i>	1,5-4,1	3,18-21,96	0,30	577,43	144,02
<i>Mimosa setocissima</i>	1,6-4,1	5,09-13,05	0,24	424,97	115,14	<i>Qualea parviflora</i>	1,7-4,5	5,51-30,87	0,13	395,74	90,15
<i>Ilex conocarpa</i>	2,6-4,8	6,36-30,87	0,11	418,15	95,04	<i>Plenckia populnea</i>	2,1-7,0	5,09-21,96	0,13	391,38	101,64
<i>Guapira noxia</i>	1,1-5,8	5,72-18,14	0,17	415,43	109,29	<i>Ocotea pomaderroides</i>	1,3-4,7	7,48-28,66	0,13	362,32	83,54
<i>Miconia burchellii</i>	1,6-4,2	5,09-17,50	0,21	415,2	106,67	<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	1,3-4,5	4,93-15,92	0,16	339,44	87,82
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	1,5-5,7	5,09-18,62	0,13	340,17	90,17	<i>Miconia ferruginata</i>	1,4-4,6	5,72-20,05	0,11	290,24	72,50
<i>Alchornea triplinervia</i>	5,2-6,1	12,41-27,98	0,07	340,12	80,73	<i>Vochysia thyrsoidea</i>	2,5-8,3	8,91-19,09	0,06	239,89	63,35
<i>Copaifera langsdorffii</i>	6,3	28,32	0,06	316,68	73,37	<i>Simarouba versicolor</i>	0,8-5,7	1,59-18,78	0,06	212,88	53,94
<i>Ocotea pomaderroides</i>	2,2-4,8	5,05-24,50	0,09	269,13	65,07	<i>Vellozia squamata</i>	0,5-2,7	4,93-14,32	0,16	197,29	47,38
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	1,6-5,0	5,09-13,05	0,13	268,61	71,49	<i>Mimosa setosissima</i>	1,6-4,2	4,93-10,25	0,10	171,58	45,91
<i>Schefflera macrocarpa</i>	2,5-3,0	5,09-18,14	0,09	268,35	72,60	<i>Ilex conocarpa</i>	1,7-4,4	1,59-22,6	0,04	138,43	32,39
<i>Plenckia populnea</i>	2,0-5,5	5,88-14,96	0,08	191,81	53,19	<i>Clusia burchellii</i>	5,0	21,32	0,04	135,02	32,87
<i>Simarouba versicolor</i>	4-5-1,0	14,64-16,55	0,06	187,59	49,12	<i>Didymopanax macrocarpus</i>	1,6-5,4	3,18-18,78	0,03	117,68	29,90
<i>Styrax ferrugineus</i>	2,6-6,0	8,27-16,23	0,05	132,73	34,56	<i>Styrax ferrugineus</i>	1,4-3,7	2,86-20,05	0,05	104,84	25,06
<i>Gomidesia lindeniana</i>	2,1-5,9	5,41-16,87	0,04	124,65	33,31	<i>Alchornea triplinervia</i>	2,0-5,1	7,95-15,5	0,04	100,66	27,33
<i>Vochysia thyrsoidea</i>	1,9-5,4	7,16-13,84	0,05	124,46	33,60	<i>Qualea multiflora</i>	1,5-2,9	5,09-9,70	0,06	79,4	20,26
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i>	2,0-5,0	5,72-10,02	0,05	99,99	28,08	<i>Leptolobium dasycarpum</i>	2,5-3,7	7,95-18,78	0,04	78,49	19,27

<i>Kielmeyera speciosa</i>	1,3-4,6	5,09-12,09	0,05	93,62	24,53	<i>Guapira graciliflora</i>	1,7-3,1	4,93-9,88	0,05	76,19	19,87
<i>Qualea parviflora</i>	1,7-3,0	5,89-18,14	0,05	90,73	22,00	<i>Myrsine guianensis</i>	1,7-3,8	4,10-12,73	0,04	66,71	17,35
<i>Clusia weddelliana</i>	3,0-4,6	11,77-17,82	0,04	89,32	22,68	<i>Siphoneugena densiflora</i>	3,2-4,1	8,75-12,57	0,03	65,92	17,91
<i>Acosmium dasycarpum</i>	2,8-3,2	5,41-18,46	0,04	76,18	18,69	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	1,1-4,3	2,54-11,14	0,03	60,51	16,40
<i>Tabebuia ochracea</i>	0,5-3,6	5,09-12,41	0,04	73,21	18,77	<i>Palicourea rigida</i>	1,1-2,2	4,93-13,05	0,05	59,3	13,94
<i>Syphoneugena densiflora</i>	2,6-4,6	6,21-12,89	0,03	66,98	18,34	<i>Wunderlichia mirabilis</i>	2,1-3,2	5,41-15,92	0,03	58,64	14,65
<i>Kielmeyera coriacea</i>	1,6-4,4	5,09-10,82	0,04	65,15	17,51	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	1,7-3,2	4,93-12,58	0,03	48,98	12,59
<i>Tibouchina papyrus</i>	1,8-4,2	5,25-10,50	0,03	63,8	17,70	<i>Vochysia elliptica</i>	2,2-3,8	4,93-10,82	0,02	43,95	11,94
<i>Palicourea rigida</i>	0,4-3,4	5,08-10,18	0,05	59,12	13,86	<i>Kielmeyera speciosa</i>	1,1-3,0	5,52-9,01	0,03	40,84	10,05
<i>Connarus suberosus</i>	1,5-2,8	5,09-10,18	0,03	46,2	11,71	<i>Myrcia fenzliana</i>	2,9-3,6	6,68-10,82	0,02	33,87	9,35
<i>Byrsonima pachyphylla</i>	4,6-4,6	13,62-13,61	0,01	45,22	12,17	<i>Myrcia cordifolia</i>	1,6-2,7	4,85-8,80	0,02	33,59	8,58
<i>Eremanthus glomerulatus</i>	1,5-3,6	5,25-13,68	0,03	44,9	11,39	<i>Salacia crassifolia</i>	1,7-2,5	2,86-10,39	0,02	32,45	8,13
<i>Guapira graciliflora</i>	2,3-4,0	6,68-11,45	0,02	40,85	11,29	<i>Tibouchina papyrus</i>	1,6-2,5	4,88-12,09	0,02	31,31	7,64
<i>Andira vermifuga</i>	1,4-3,3	5,09-8,27	0,03	40,09	10,25	<i>Banisteriopsis latifolia</i>	1,1-2,6	4,10-10,504	0,02	29,52	7,24
<i>Ouratea hexasperma</i>	1,3-2,0	7,64-14,32	0,02	27,93	6,59	<i>Machaerium opacum</i>	3,6	12,09	0,01	27,73	7,42
<i>Diospyros burchellii</i>	1,5-3,3	5,09-9,54	0,02	24,95	6,32	<i>Anacardium occidentale</i>	2,3	14,32	0,02	27,23	6,63
<i>Wunderlichia mirabilis</i>	2,0-3,0	6,36-11,45	0,01	24,63	6,42	<i>Aegiphila verticillata</i>	2,4-3,1	6,35-7,32	0,01	24,3	6,63
<i>Myrcia tomentosa</i>	1,8-2,7	6,08-9,39	0,02	22,69	5,88	<i>Aspidosperma tomentosum</i>	2,4-3,6	5,72-9,23	0,01	23,19	6,39
<i>Chamaecrista orbiculata</i>	1,4-1,9	5,73-7,63	0,02	19,3	4,54	<i>Chamaecrista orbiculata</i>	1,1-1,7	6,08-9,81	0,01	20,32	4,61
<i>Roupala montana</i>	1,3-2,9	6,37-8,27	0,01	18,98	4,93	<i>NI</i>	2,1-2,9	4,93-7,32	0,01	19,98	5,18
<i>Salacia crassifolia</i>	2,3-2,7	5,73-8,27	0,01	18,60	4,93	<i>Miconia albicans</i>	1,5-2,3	6,68-7,95	0,02	19,78	4,80
<i>Anacardium occidentale</i>	2,1	12,19	0,01	17,40	4,30	<i>Kielmeyera coriacea</i>	0,9-3,5	4,93-7,63	0,02	19,52	4,71
<i>Vochysia elliptica</i>	1,8-3,7	5,41-6,36	0,01	17,09	4,63	<i>Handroanthus ochraceus</i>	1,9-2,3	6,52-8,91	0,01	17,76	4,50
<i>Myrcia cordifolia</i>	1,7-3,7	5,45-6,62	0,01	16,76	4,34	<i>Heteropterys byrsonimifolia</i>	1,6-3,1	3,83-6,68	0,01	17,60	4,35
<i>Psidium pohlianum</i>	1,9-2,4	5,25-7,0	0,01	13,27	3,38	<i>Andira vermifuga</i>	1,2-2,2	3,50-7,32	0,02	17,35	3,59
<i>Miconia pepericarpa</i>	2,8	9,39	0,01	12,45	3,35	<i>Miconia pepericarpa</i>	2,1	11,45	0,01	15,12	3,77
<i>Erythroxylum suberosum</i>	1,6	10,5	0,01	9,72	2,32	<i>Psidium laruotheanum</i>	1,5-2,6	4,05-7,63	0,01	14,7	3,59
<i>Qualea multiflora</i>	1,9-2,5	6,68	0,01	9,26	2,37	<i>Vellozia variabilis</i>	0,8-1,4	5,72-9,54	0,01	13,08	2,77
<i>Banisteriopsis latifolia</i>	1,9-2,8	5,09-7,23	0,01	9,08	2,36	<i>Ouratea castaneifolia</i>	1,6-3,0	3,27-8,12	0,01	12,52	3,16
<i>Macairea radula</i>	0,9-1,8	6,05-7,00	0,01	7,60	1,51	<i>Syagrus flexuosa</i>	0,5-0,7	7,32-12,09	0,03	11,12	1,74

<i>Maprounea guianensis</i>	4,2	6,36	0,003	7,40	2,23	<i>Tachigali paniculata</i>	3,4	7,63	0,004	9,27	2,64
<i>Tibouchina villosissima</i>	2,8	7,32	0,004	7,07	1,94	<i>Hancornia speciosa</i>	2,3-2,7	4,32-7,48	0,01	9,02	2,35
<i>Chamaecrista paniculata</i>	2,3	7,32	0,004	5,93	1,55	<i>Eugenia puniceifolia</i>	3,7	7,1	0,003	8,47	2,47
<i>Eugenia puniceifolia</i>	3,1	5,18	0,002	3,53	0,97	<i>Erythroxylum deciduum</i>	2,3	7,95	0,004	7,16	1,88
<i>Aegiphyla lhotzkiana</i>	2,7	5,41	0,002	3,45	0,91	<i>Neea theifera</i>	3,15	6,68	0,003	6,39	1,80
<i>Tocoyena formosa</i>	1,8	6,04	0,002	3,08	0,71	<i>Roupala montana</i>	1,6-2,5	2,22-6,20	0,01	6,39	1,35
<i>Erythroxylum deciduum</i>	1,7	6,04	0,002	2,93	0,66	<i>Chomelia ribesioides</i>	1,7-2,6	2,70-6,04	0,01	6,38	1,36
<i>Mimosa clausenii</i>	1,8	5,88	0,002	2,90	0,66	<i>Dimorphandra molis</i>	2,5	7,01	0,003	5,78	1,54
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	1,8	5,41	0,002	2,39	0,52	<i>Macairea radula</i>	1,0-1,3	5,09-6,36	0,01	5,44	0,88
						<i>Wunderlichia crulsiana</i>	1,2-2,3	4,93-6,20	0,004	5,42	1,22
						<i>Diospyros lasiocalyx</i>	1,1-2,2	4,13-5,09	0,01	5,14	0,96
						<i>Byrsonima pachyphylla</i>	2,2-2,2	6,68-6,68	0,003	4,63	1,19
						<i>Miconia leucocarpa</i>	1,4-1,5	4,93-6,04	0,004	4,24	0,83
						<i>Tocoyena formosa</i>	1,1-2,1	3,18-5,41	0,003	3,21	0,57
						<i>Pseudobombax longiflorum</i>	1,3	6,62	0,003	2,83	0,58
						<i>Lafoensia pacari</i>	1,6	5,25	0,002	2,07	0,42
						<i>Syagrus comosa</i>	0,4	6,68	0,003	1,15	0,06
						<i>Connarus suberosus</i>	0,5-1,2	1,42-3,50	0,001	0,66	-0,26

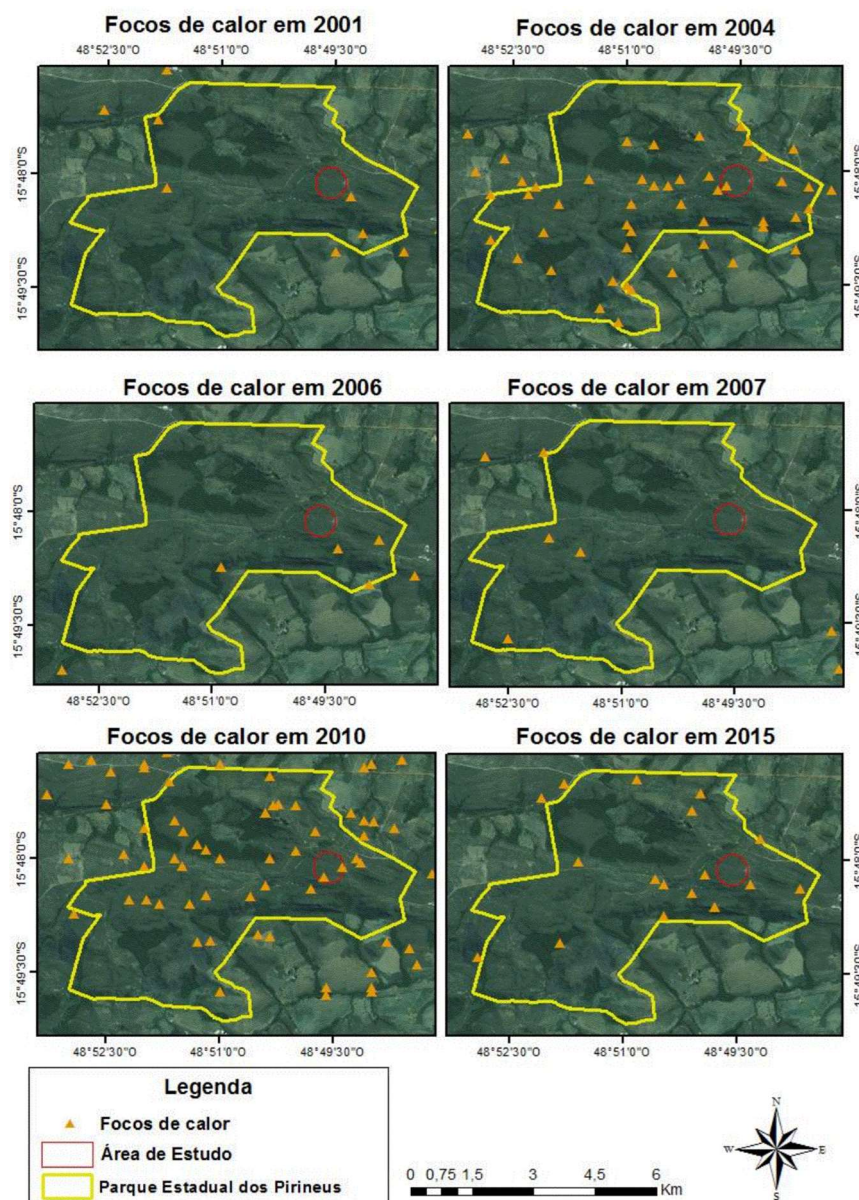
No período entre 2004 e 2022, a perda de área basal foi de 13,94%, e foi superior à taxa de ganho (6,65%). A taxa de reposição foi de 7,69%, indicando dinâmica acelerada, uma vez que quanto menor o valor, mais dinâmica a comunidade (RIBEIRO *et al.*, 2012). O mesmo padrão foi encontrado para a biomassa, com perda de 13,65%, superior à taxa de ganho de 7,08%. A taxa de reposição também foi acelerada, com 7,43% (Tabela 3).

**Tabela 3.** Parâmetros de dinâmica da vegetação arbustivo-arbórea ( $Db30cm \geq 5$  cm) amostrada em Cerrado Rupestre, no Parque Estadual dos Pirineus – Goiás.

Parâmetros	2004 - 2022	
	AB ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ )	Biomassa (kg)
<b>Inicial</b>	5,04	13.183,00
<b>Mortos</b>	3,11	8.043,67
<b>Sobreviventes</b>	1,92	5.139,33
<b>Recrutas</b>	1,43	2.221,80
<b>Final</b>	4,50	12.409,43
<b>Ganho (%)</b>	8,38	8,92
<b>Perda (%)</b>	17,57	17,20
<b>Reposição N (%)</b>	7,69	7,43

#### 4 DISCUSSÃO

Em 18 anos de monitoramento da vegetação arbustivo-arbórea, os parâmetros de dinâmica indicam que as taxas de perda foram superiores às taxas de ganho. Esta redução na área basal, na biomassa acima do solo e no estoque de carbono da vegetação arbustivo-arbórea está putativamente atrelada aos distúrbios que acontecem na área. O fogo é um distúrbio presente no PEP (ROCHA, 2017) e focos de calor são frequentes nas áreas que circundam o Parque além de ocorrer dentro dele também (Figura 2). As principais razões para as diminuições podem ser atreladas à passagem de fogo que ocorreu nos anos 2004, 2010, 2015 e 2019, além da presença de bovinos no interior da UC (ROCHA; PINTO, 2021). Por meio da presença desses animais ocorre adição de nutrientes no solo através do esterco, favorecendo o estabelecimento de gramíneas exóticas (ALVES *et al.*, 2014; KOLBEK; ALVES, [s. d.]; ROCHA; PINTO, 2021) que, além de modificar a biodiversidade (ALVES *et al.*, 2014), também intensificam a proporção dos incêndios (WALTER *et al.*, 2010), por ser uma material combustível (MIRANDA *et al.*, 2005; BARBOSA *et al.*, 2016; ROCHA, 2017).



**Figura 2.** Focos de calor no período de 2001 a 2015 na região do Parque Estadual dos Pirineus – Goiás. Fonte: Rocha (2017).

A frequência e a intensidade dos incêndios são fatores que favorecem a diminuição da densidade dos indivíduos, além da área basal e mortalidade da vegetação (AQUINO; WALTER; RIBEIRO, 2007; LIMA; LIMA; RATTER, 2009; RIBEIRO *et al.*, 2012), como aqui evidenciado. Entretanto, os distúrbios tiveram um efeito maior quanto ao número de indivíduos do que sobre a área basal e a biomassa. Esse fato pode estar atrelado às queimadas, que afetaram mais os indivíduos de menor porte, os quais possuem cascas menos espessas e estão mais suscetíveis a maiores temperaturas (MIRANDA *et al.*, 1993), apresentando maior mortalidade (SILVA *et al.*, 2017). Da mesma maneira, o maior impacto na densidade de



indivíduos pode ser reflexo da quantidade de gramíneas presentes na área, que são as principais fontes de material combustível para incêndios florestais (LENZA *et al.*, 2017; MIRANDA; BUSTAMANTE; MIRANDA, 2002) e por consequência reduzem a densidade das árvores (GOMES *et al.*, 2014; LENZA *et al.*, 2017; MEDEIROS; MIRANDA, 2005) e a biomassa da vegetação (HOFFMAN 1996; 1998).

Apesar da mortalidade ter sido maior em termos de densidade de indivíduos, a área basal também foi afetada, possivelmente devido à pouca profundidade dos solos em ambientes rupestres, o que limita a capacidade de broto basal dos indivíduos após ocorrências de queimadas (Lenza *et al.*, 2017).

O Parque ficou dois intervalos de quatro anos (2010 a 2015 e 2015 a 2019) sem a ocorrência de fogo, favorecendo a regeneração da vegetação (ROCHA, 2017). A diminuição da frequência de queimadas proporciona aumento na densidade, na área basal e, conseqüentemente, no aumento da biomassa (ALMEIDA *et al.*, 2014; MEWS *et al.*, 2011; ROITMAN; FELFILI; REZENDE, 2008), além de permitir a regeneração de espécies lenhosas em razão do aumento da área basal e o estabelecimento de espécies sensíveis (HENRIQUES; HAY, 2002; LIBANO; FELFILI, 2006; MOREIRA, 2000). Em áreas protegidas de incêndios frequentes há balanço positivo em relação ao número de indivíduos (HENRIQUES; HAY, 2002; MEWS *et al.*, 2011; ROITMAN; FELFILI; REZENDE, 2008), ou seja, quando as taxas de recrutamento superam a de mortalidade, ocorre equilíbrio dinâmico em relação à recomposição da comunidade (CORRÊA, 2002).

Por outro lado, o padrão encontrado no presente estudo, onde taxas de perda superam as de ganho em área basal e biomassa, indicam que a vegetação arbustivo-arbórea em Cerrado Rupestre no PEP está em desequilíbrio. Este desequilíbrio possivelmente ocorre em razão dos distúrbios, principalmente pelas queimadas que ocorrem na área, já que o fogo causa mudanças estruturais e florísticas na vegetação (HOFFMANN & MOREIRA, 2002; ROCHA & PINTO, 2021. Além disso, a vegetação de ambientes rupestres é mais resistente e menos resiliente, uma vez que, em cerrados com solos profundos, a maior taxa de mortalidade de tronco e perda de área basal são compensadas com maior frequência de germinação basal, que não acontece em ambientes rupestres (Lenza *et al.*, 2017).

Em áreas com distúrbios, as reduções de área basal e densidade são mais notórias (AQUINO; WALTER; RIBEIRO, 2007; LIMA; LIMA; RATTER, 2009; MOREIRA, 2000; RIBEIRO *et al.*, 2012) e as mudanças na vegetação podem se agravar dependendo da frequência, intensidade e duração dos distúrbios, com grande influência nos ecossistemas

(LIMA; LIMA; RATTER, 2009; RIBEIRO *et al.*, 2012). Distúrbios causam a exclusão das espécies mais sensíveis (GOMES *et al.*, 2014; HOFFMANN; MOREIRA, 2002), o que leva a simplificação das espécies, e reduz a diversidade ao longo do tempo (LIBANO; FELFILI, 2006). Além disso, o balanço negativo encontrado indica que a vegetação ainda está em processo de resposta aos distúrbios. Como forma de diminuir o impacto na vegetação em razão dos distúrbios, é recomendado o controle e fiscalização na entrada de bovinos e cavalos no Parque, assim como o manejo do fogo.

Ademais, as mudanças climáticas podem também aumentar a frequência e intensidade de incêndios (FLANNIGAN *et al.*, 2009; NEPSTAD *et al.*, 1999), as quais, por sua vez, também aumentam a mortalidade das árvores e desencadeando processos sucessionais (FELDPAUSCH *et al.*, 2016). O aumento da taxa de mortalidade das árvores pode reduzir o estoque de carbono e o potencial sumidouro de carbono nas florestas tropicais (Junior *et al.*, 2020), e o mesmo pode ser aplicado para ambientes rupestres.

Além dos distúrbios influenciarem no acúmulo de biomassa vegetal acima do solo, outros fatores também podem estar relacionados, fazendo com que haja variação nos valores de biomassa entre as fitofisionomias (ROQUETTE, 2018), como por exemplo estágio sucessório, local, composição de espécies, dentre outros. (AZEVEDO *et al.*, 2016; DE AZEVEDO *et al.*, 2022; HOFHANSL *et al.*, 2020; RIJAL; GAUTAM; LEBEL, 2020; RODRIGUES *et al.*, 2020; ZHANG *et al.*, 2020) Em formações florestais, a razão de biomassa aérea e subterrânea é maior ao ser comparada com formações herbáceas-arbustivas (ROQUETTE, 2018), uma vez que a distribuição aérea está fortemente relacionada com a presença de indivíduos arbóreos, cujos troncos possuem maior capacidade de armazenar carbono (DELITTI; MEGURO; PAUSAS, 2006; MORAIS *et al.*, 2013; VALE; FELFILI, 2005).

A disponibilidade de água, textura do solo e nutrientes, também influenciam no acúmulo de biomassa. Por exemplo, a maior retenção de água em solos de Cerradão, que possuem textura mais argilosa e maior disponibilidade de nutrientes no solo, favorece a maior produção de biomassa em comparação com o Cerrado sentido restrito (MARIMON JUNIOR; HARIDASAN, 2005). Assim, a redução da biomassa reduz o estoque de carbono e, concomitante, podem diminuir da riqueza de espécies e a estrutura da vegetação em campo rupestre sob distúrbio (ROCHA; PINTO, 2021).

## 5 CONCLUSÃO

Apesar dos ambientes rupestres apresentarem resistência ao fogo, a vegetação arbustivo-arbórea do Cerrado Rupestre apresentou redução no de área basal, biomassa acima do solo e carbono frente aos distúrbios que ocorrem na área do Parque Estadual dos Pirineus – Goiás. As atividades antrópicas vêm tornando os distúrbios mais frequentes e, por consequência, modificando a estrutura da vegetação. A diminuição da área basal nos 18 anos de monitoramento refletiu na redução de biomassa acima do solo e impactou direta e negativamente a estocagem de carbono. Diante do cenário de mudanças climáticas, a diminuição no estoque de área basal teria impacto negativo, já que reduziria a capacidade de absorção de dióxido de carbono da atmosfera. Assim, propor estratégias de conservação para a área é imprescindível diante da suscetibilidade que ambientes rupestres diante as ações antrópicas e mudanças climáticas, tais como o direcionamento de políticas de conservação a esses ambientes. Com especial atenção ao manejo do fogo e o controle e fiscalização na entrada de bovinos e cavalos no Parque.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUAN, R. E.; VILELA, M. F.; KLINK, C. A. Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres - o caso do Cerrado brasileiro. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. 30 p. (Documentos, 105)

AGÊNCIA AMBIENTAL DE GOIÁS & NATIVA. Parque Estadual dos Pirineus - Relatório Inicial: contextualização do parque. Agência Ambiental de Goiás, Goiânia, 2002.

AHLSTRÖM, Anders *et al.* Corrigendum: Importance of vegetation dynamics for future terrestrial carbon cycling (2015 Environ. Res. Lett. 10 054019). **Environmental Research Letters**, [s. l.], v. 10, n. 8, p. 089501, 2015.

ALENCAR, Ane *et al.* Mapping Three Decades of Changes in the Brazilian Savanna Native Vegetation Using Landsat Data Processed in the Google Earth Engine Platform. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 12, n. 6, p. 924, 2020.

ALMEIDA, Raphael Ferreira *et al.* Mudanças florísticas e estruturais no cerrado sensu stricto ao longo de 27 anos (1985-2012) na Fazenda Água Limpa, Brasília, DF. **Rodriguésia**, [s. l.], v. 65, p. 01–19, 2014.

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ALVES, R. J. V. *et al.* Circumscribing *campo rupestre* – megadiverse Brazilian rocky montane savanas. **Brazilian Journal of Biology**, [s. l.], v. 74, p. 355–362, 2014.

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

ARCELA, Vicente. Dinâmica da vegetação arbustivo-arbórea em uma área de Cerrado Rupestre no Parque Estadual dos Pirineus – Goiás. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2009.

AQUINO, Fabiana de Gois; WALTER, Bruno Machado Teles; RIBEIRO, José Felipe. Woody community dynamics in two fragments of “cerrado” stricto sensu over a seven-year period (1995–2002), MA, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, [s. l.], v. 30, p. 113–121, 2007.

AZEVEDO, Gileno Brito de *et al.* Modelagem da produção em nível de povoamento e por distribuição diamétrica em plantios de eucalipto. **Scientia Forestalis**, [s. l.], v. 44, n. 110, 2016. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr110/cap11.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2023.

AZEVEDO, Gileno Brito *et al.* Prognosis of aboveground woody biomass in a central Brazilian Cerrado monitored for 27 years after the implementation of management systems. **European Journal of Forest Research**, [s. l.], v. 141, n. 1, p. 1–15, 2022.

CORRÊA, Bruno Senna. ESTUDO DA DINÂMICA DA POPULAÇÃO DE *Xylopia brasiliensis* Sprengel EM RELAÇÃO A PARÂMETROS. [s. l.], 2002.

DELITTI, Welington Braz Carvalho; MEGURO, Marico; PAUSAS, Juli Garcia. Biomass and mineralmass estimates in a “cerrado” ecosystem. **Brazilian Journal of Botany**, [s. l.], v. 29, p. 531–540, 2006.

FEARNSIDE, Philip M.; GUIMARÃES, Walba Malheiros. Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 80, n. 1–3, p. 35–46, 1996.

FELDPAUSCH, T. R. *et al.* Amazon forest response to repeated droughts. **Global Biogeochemical Cycles**, [s. l.], v. 30, n. 7, p. 964–982, 2016.

FLANNIGAN, Mike D. *et al.* Implications of changing climate for global wildland fire. **International Journal of Wildland Fire**, [s. l.], v. 18, n. 5, p. 483, 2009.

FRANÇOSO, Renata D. *et al.* Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. **Natureza & Conservação**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 35–40, 2015.

GOMES, Leticia *et al.* Post-fire recovery of savanna vegetation from rocky outcrops. **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, [s. l.], v. 209, n. 3, p. 201–208, 2014.

HENRIQUES, Raimundo P. B.; HAY, John D. 8. Patterns and Dynamics of Plant Populations. *Em*: 8. PATTERNS AND DYNAMICS OF PLANT POPULATIONS. [S. l.]: Columbia University Press, 2002. p. 140–158. *E-book*. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.7312/oliv12042-007/html>. Acesso em: 23 jan. 2023.

HOFFMANN, William A.; MOREIRA, Adriana G. 9. The Role of Fire in Population Dynamics of Woody Plants. *Em*: 9. THE ROLE OF FIRE IN POPULATION DYNAMICS OF WOODY PLANTS. [S. l.]: Columbia University Press, 2002. p. 159–177. *E-book*. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.7312/oliv12042-008/html>. Acesso em: 30 jan. 2023.

HOFHANSL, Florian *et al.* Climatic and edaphic controls over tropical forest diversity and vegetation carbon storage. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 5066, 2020.

HOFMANN, Gabriel S. *et al.* The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. **Global Change Biology**, [s. l.], v. 27, n. 17, p. 4060–4073, 2021.

KOLBEK, Jiří; ALVES, Ruy José Válka. Impacts of Cattle, Fire and Wind in Rocky Savannas, Southeastern Brazil. [s. l.],

KORNING, J. & BALSLEV, H. (1994). Growth rates and mortality patterns of tropical lowland tree species and the relation to forest structure in Amazonian Ecuador. *Journal of Tropical Ecology*, 10(02), 151-166.

LENZA, Eddie *et al.* Does fire determine distinct floristic composition of two Cerrado savanna communities on different substrates?. **Acta Botanica Brasilica**, [s. l.], v. 31, p. 250–259, 2017.

LEWIS, Simon L. *et al.* Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: evidence from 50 South American long-term plots. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, v. 359, n. 1443, p. 421-436, 2004.

LIBANO, Andrea Marilza; FELFILI, Jeanine Maria. Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um cerrado sensu stricto do Brasil Central em um período de 18 anos (1985-2003). **Acta Botanica Brasilica**, [s. l.], v. 20, p. 927–936, 2006.

LIMA, Edson de Souza; LIMA, Herson Souza; RATTER, James Alexander. 468 MUDANÇAS PÓS-FOGO NA ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO LLEINMHAO, SEA. d, e S. et al. EM UM CERRADO MESOTRÓFICO, NO PERÍODO DE CINCO ANOS (1997-2002) EM NOVA XAVANTINA - MT. [s. l.], v. 15, n. 4, 2009.

MARIMON JUNIOR, Ben Hur; HARIDASAN, Mundayatan. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 913–926, 2005.

MEDEIROS, Marcelo Brilhante de; MIRANDA, Heloísa Sinátora. Mortalidade pós-fogo em espécies lenhosas de campo sujo submetido a três queimadas prescritas anuais. **Acta Botanica Brasilica**, [s. l.], v. 19, p. 493–500, 2005.

MEIRA JUNIOR, M.S., Pinto, J.R.R., Ramos, N.O. *et al.* The impact of long dry periods on the aboveground biomass in a tropical forest: 20 years of monitoring. *Carbon Balance Manage* **15**, 12 (2020).

MENDONÇA, R. C. de *et al.* Flora vascular do bioma cerrado checklist com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora. Brasília**, [s. l.], v. DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, p. 2008.,

MEWS, Henrique Augusto *et al.* Dinâmica da comunidade lenhosa de um Cerrado Típico na região Nordeste do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 73–82, 2011.

MIRALLES, D. G. *et al.* Magnitude and variability of land evaporation and its components at the global scale. **Hydrology and Earth System Sciences**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 967–981, 2011.

MIRANDA, Antonio Carlos *et al.* Soil and Air Temperatures During Prescribed Cerrado Fires in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 313–320, 1993.

MIRANDA, Heloisa S.; BUSTAMANTE, Mercedes M. C.; MIRANDA, Antonio C. 4. The Fire Factor. *Em*: 4. THE FIRE FACTOR. [S. l.]: Columbia University Press, 2002. p. 51–68. *E-book*. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.7312/oliv12042-003/html>. Acesso em: 30 jan. 2023.

MORAIS, Vinícius Augusto *et al.* Carbon and biomass stocks in a fragment of cerradão in Minas Gerais state, Brazil. **CERNE**, [s. l.], v. 19, p. 237–245, 2013.

MOREIRA, Adriana G. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. **Journal of Biogeography**, [s. l.], v. 27, n. 4, p. 1021–1029, 2000.

MOURA, Iona'i Ossami *et al.* Fitossociologia da comunidade lenhosa de uma área de cerrado rupestre no Parque Estadual dos Pirineus, Pirenópolis, Goiás. **Revista de Biologia Neotropical / Journal of Neotropical Biology**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 83–100, 2007.

MOURA, Mariana. Dinâmica da vegetação arbustivo-arbórea em uma área de Cerrado Rupestre no Parque Estadual dos Pirineus, Goiás. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2022.

NEPSTAD, Daniel C. *et al.* Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. **Nature**, [s. l.], v. 398, n. 6727, p. 505–508, 1999.

OLIVEIRA-FILHO, A. T., DE MELLO, J. M., & SCOLFORO, J. R. S. (1997). Effects of past disturbance and edges on tree community structure and dynamics within a fragment of tropical semideciduous forest in south-eastern Brazil over a five-year period (1987–1992). *Plant Ecology*, 131(1), 45-66

PINTO, José Roberto Rodrigues; LENZA, Eddie; PINTO, Alexandre de Siqueira. Composição florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em um cerrado rupestre, Cocalzinho de Goiás, Goiás. **Brazilian Journal of Botany**, [s. l.], v. 32, p. 1–10, 2009.

PHILLIPS, Oliver L. *et al.* Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science*, v. 323, n. 5919, p. 1344-1347, 2009.

PUGH, Thomas A. M. *et al.* Role of forest regrowth in global carbon sink dynamics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s. l.], v. 116, n. 10, p. 4382–4387, 2019.

REZENDE, Alba Valéria *et al.* Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado sensu stricto em Brasília, DF. **Scientia Forestalis**, [s. l.], n. 71, 2006.

RIBEIRO, Michele Novaes *et al.* Fogo e dinâmica da comunidade lenhosa em cerrado sentido restrito, Barra do Garças, Mato Grosso. **Acta Botanica Brasilica**, [s. l.], v. 26, p. 203–217, 2012.

RIJAL, Baburam; GAUTAM, Shuva H.; LEBEL, Luc. The impact of forest disturbances on residual biomass supply: A long-term forest level analysis. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 248, p. 119278, 2020.

ROCHA, Lilian Gomes da S.; PINTO, José Roberto R. Diversity and structural changes in Cerrado Rupestre under effects of disturbances. **Brazilian Journal of Botany**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 213–225, 2021.

RODRIGUES, Alice Cristina *et al.* Fine-scale habitat differentiation shapes the composition, structure and aboveground biomass but not species richness of a tropical Atlantic forest. **Journal of Forestry Research**, [s. l.], v. 31, n. 5, p. 1599–1611, 2020.

ROITMAN, I.; FELFILI, J. M.; REZENDE, A. V. 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**, [s. l.], v. 197, n. 2, p. 255–267, 2008.

ROQUETTE, José Guilherme. DISTRIBUIÇÃO DA BIOMASSA NO CERRADO E A SUA IMPORTÂNCIA NA ARMAZENAGEM DO CARBONO. **Ciência Florestal**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 1350–1363, 2018.

SALMONA, Yuri Botelho; RIBEIRO, Fernanda Figueiredo; MATRICARDI, Eraldo Aparecido Trondoli. PARQUES “NO PAPEL” CONSERVAM? O CASO DO PARQUE DOS PIRENEUS EM GOIÁS - DOI 10.5216/bgg.v34i2.31740. **Boletim Goiano de Geografia**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 295–310, 2014.

SANO, Edson E. *et al.* Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 166, n. 1, p. 113–124, 2010.

SEMA. Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. 2021. Disponível em: <<https://www.meioambiente.gov.br/aceso-a-informacao/118-meio-ambiente/unidades-de-conserva%C3%A7%C3%A3o/1099-area-de-protecao-ambiental-dos-pireneus-apa-pireneus.html>>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2023.

SILVA, Cibele *et al.* When the same is not the same: phenotypic variation reveals different plant ecological strategies within species occurring in distinct Neotropical savanna habitats. **Plant Ecology**, [s. l.], v. 218, 2017.

SPERA, Stephanie A. *et al.* Land-use change affects water recycling in Brazil’s last agricultural frontier. **Global Change Biology**, [s. l.], v. 22, n. 10, p. 3405–3413, 2016.

STRASSBURG, Bernardo B. N. *et al.* Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, [s. l.], v. 1, n. 4, p. 1–3, 2017.

VALE, Ailton Teixeira do; FELFILI, Jeanine Maria. Dry biomass distribution in a cerrado sensu stricto site in Brazil central. **Revista Árvore**, [s. l.], v. 29, p. 661–669, 2005.

ZHANG, Hui *et al.* Improving understanding of carbon stock characteristics of Eucalyptus and Acacia trees in southern China through litter layer and woody debris. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 4735, 2020.



ZIMBRES, Barbara *et al.* Mapping the stock and spatial distribution of aboveground woody biomass in the native vegetation of the Brazilian Cerrado biome. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 499, p. 119615, 2021.