



MIRIANA ARAÚJO DE SOUZA RIBEIRO

**ESTRUTURA E DINÂMICA POPULACIONAL DE
Lychnophora pinaster MART. EM CAMPOS RUPESTRES NO
SUL DE MINAS GERAIS**

**LAVRAS - MG
2019**

MIRIANA ARAÚJO DE SOUZA RIBEIRO

**ESTRUTURA E DINÂMICA POPULACIONAL DE *Lychnophora pinaster* MART. EM
CAMPOS RUPESTRES NO SUL DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ecologia Florestal, para a obtenção do título de mestre.

Prof. Dr. Eduardo van den Berg
Orientador

Profa. Dra. Caroline Cambraia Furtado Campos
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Ribeiro, Miriana Araújo de Souza.
ESTRUTURA E DINÂMICA POPULACIONAL
DE *Lychnophora pinaster* MART. EM CAMPOS RUPESTRES
NO SUL DE MINAS GERAIS / Miriana Araújo de Souza Ribeiro.
- 2019.

46 p.

Orientador(a): Eduardo Van Den Berg.
Coorientador(a): Caroline Coimbra Furtado Campos.
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2019.
Bibliografia.

1. Dinâmicas de populações. 2. Campo rupestre. 3.
Lychnophora pinaster. I. Van Den Berg, Eduardo. II. Campos,
Caroline Coimbra Furtado. III. Título.

MIRIANA ARAÚJO DE SOUZA RIBEIRO

**ESTRUTURA E DINÂMICA POPULACIONAL DE *Lychnophora pinaster* MART. EM
CAMPOS RUPESTRES NO SUL DE MINAS GERAIS**

**POPULATION STRUCTURE AND DYNAMICS OF *Lychnophora pinaster* MART. IN
ROCKY GRASSLANDS IN THE SOUTH OF MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ecologia Florestal, para a obtenção do título de mestre.

APROVADA, em 24 de junho de 2019.

Dr. Eduardo van den Berg	UFLA
Dr. Marco Aurélio Leite Fontes	UFLA
Dr. Evandro Luiz Mendonça Machado	UFVJM

Prof. Dr. Eduardo van den Berg
Orientador

Profª. Dra. Caroline Cambraia Furtado Campos
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2019**

AGRADECIMENTOS

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”

RESUMO

O campo rupestre é uma vegetação predominantemente herbáceo-arbustiva, podendo apresentar arvoretas com no máximo dois metros de altura. Espécies típicas ocorrem em um complexo de vegetação que agrupa paisagens em micro relevos, ocupando faixas de afloramentos rochosos. As espécies do gênero *Lychnophora* são endêmicas destes campos rupestres e sofrem uma especiação intensa devido às barreiras geográficas típicas da distribuição disjunta desse tipo de ambiente. *Lychnophora pinaster* Mart. é uma das espécies endêmicas ameaçadas de extinção dos campos rupestre de Minas Gerais. A espécie *Lychnophora pinaster* é considerada uma espécie vulnerável, devido ao declínio de suas populações associado à exploração excessiva, devido às suas propriedades medicinais e perda de seu habitat (monoculturas, turismo, mineração e o avanço das construções). Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi analisar a estrutura, distribuição espacial e dinâmica populacional da espécie *Lychnophora pinaster* em campos rupestres no Sul de Minas Gerais, bem como as variáveis de solo que contribuem ou restringem sua abundância e crescimento. As áreas de estudo estão localizadas nos municípios de Itumirim e Carrancas, no planalto do Alto do Rio Grande, no Sul de Minas Gerais. Foram lançadas parcelas permanentes (20 m × 10 m) em número de 30 na área de Itumirim e na mesma quantidade na área de Carrancas, sendo estas alocadas em duas linhas paralelas contínuas, cada uma com 15 parcelas. Os dados amostrados abrangeram número e altura de indivíduos, e diâmetro ao nível do solo (DNS). As variáveis de solo medidas foram pH, K, Ca, Al, P, Mg, SB, T, V, t, m, M.O. e Prem de cada área. As populações de Itumirim e Carrancas apresentaram um padrão agregado de distribuição. O número total de indivíduos de *L. pinaster* mensurados foi de 3293 em Itumirim e 2857 em Carrancas. Em relação às classes de diâmetro e altura observou-se uma maior concentração de indivíduos nas classes menores, em ambas as populações. Em Itumirim os indivíduos com menor diâmetro e altura se apresentam respectivamente no solo e cascalho, enquanto que em Carrancas os indivíduos de menor diâmetro e tamanho se concentraram respectivamente no solo e fenda de rocha. Os indivíduos maiores se concentraram em fendas de rocha e rocha em ambas as áreas. A taxa de mortalidade foi entorno de 4% para as duas populações, e muito abaixo da taxa de recrutamento, que para a população de Itumirim foi de 11,91% e Carrancas 14,29%. A perda em área basal foi menor (6,25% para Carrancas e 5,91% para Itumirim) do que o ganho em área basal (17,04% para Carrancas e 24,03% para Itumirim) ao fato de ter maior recrutamento do que mortalidade ao fato de ter maior crescimento das sobreviventes. Quando analisado as taxas de recrutamento, mortalidade, ingrowth e outgrowth por classe diamétricas, observa-se que nas duas áreas há um maior valor nas classes menores. Ao analisar a dinâmica das duas populações nos diferentes substratos observa-se que ocorreu em ambas as áreas um maior recrutamento no solo, no entanto a mortalidade se apresentou maior na rocha em Itumirim e em fenda de rocha em Carrancas. Em relação às variáveis ambientais, observa-se que Prem, o t, a SB, e o Fe afetam positivamente a taxa de crescimento da população de Itumirim e Carrancas, a taxa de recrutamento é influenciada positivamente pelo Prem e pelo t, em relação a abundância de indivíduos, o diâmetro, a altura e a taxa de mortalidade os resultados dos modelos não explicaram, o ideal seria fazer novos estudos com escalas menores de coleta de solo e analisar outras variáveis ambientais como a quantidade de água e a competição.

Palavras-chave: Dinâmica de populações. *Lychnophora pinaster*. Campo rupestre.

ABSTRACT

The Brazilian rocky grasslands is a predominantly herbaceous-shrub vegetation with trees no taller than two meters. Typical species occur in complex vegetation mosaics shaped by micro relief, alternating rocky outcrops and shallow soils. Species of the genus *Lychnophora* are endemic to these rocky grasslands and suffer intense speciation due to the geographical barriers typical of the disjoint distribution of this type of environment. *Lychnophora pinaster* Mart. is one of the endemic endangered species of rocky grasslands of Minas Gerais. The species *Lychnophora pinaster* is considered a vulnerable species, due to the decline of its populations associated to the excessive exploitation, due to its medicinal properties and loss of its habitat (monocultures, tourism, mining and the advance of constructions). Thus, the objective of this work was to analyze the structure, spatial distribution and population dynamics of the *Lychnophora pinaster* species in the rocky grasslands in the South of Minas Gerais, as well as the soil variables that contribute or restrict its abundance and growth. The study areas are located in the municipalities of Itumirim and Carrancas, on the Alto do Rio Grande plateau, in the south of Minas Gerais. Permanent plots (20 m × 10 m) in the number of 30 were placed in two parallel continuous lines in each one of both areas. The data sampled included number and height of individuals, and diameter at ground level (DNS). The soil variables measured were pH, K, Ca, Al, P, Mg, SB, T, V, t, m, M.O. and Prem of each area. The populations of Itumirim and Carrancas presented an aggregate distribution pattern. The total number of individuals of *L. pinaster* measured was 3293 at Itumirim and 2857 at Carrancas. A high concentration of individuals in the smaller classes (both, height and diameter) was observed in both populations. In Itumirim individuals with smaller diameter and height were more abundant respectively in soil and gravel, whereas in Carrancas the individuals of smaller diameter and size were concentrated respectively in soil and rock slit. Larger individuals were more common on rock and rock crevices in both areas. The mortality rate was around 4% for both populations, and far below the recruitment rate, which for the population of Itumirim was 11.91% and Carrancas 14.29%. The loss in basal area was lower (6.25% for Carrancas and 5.91% for Itumirim) than the gain in basal area (17.04% for Carrancas and 24.03% for Itumirim) due to higher recruitment than mortality to the growth of survivors. Rates of recruitment, mortality, ingrowth and outgrowth were higher for smaller classes in both areas. When analyzing the dynamics of the two populations in the different substrates, both areas had a higher recruitment in the soil, however, the mortality was higher in the rock in Itumirim and in the rock crevice in Carrancas. In relation to the environmental variables, it is observed that Prem, ot, SB, and Fe positively affect the growth rate of the population of Itumirim and Carrancas, the recruitment rate is positively influenced by Prem and t. The models had poor explanation for density of individuals, diameter, height and mortality rate. We suggest new studies with smaller scales in terms of soil collection, also analyzing water quantity and competition for exploring some of these not explained patterns.

Keywords: Population dynamics. *Lychnophora pinaster*. Rocky grassland.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 Geral	12
2.2 Específicos	12
3 HIPÓTESES	12
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
4.1 Gênero <i>Lychnophora</i>	13
4.2 Campos Rupestres	14
4.3 Ecologia Populacional	14
5 MATERIAL E MÉTODOS	17
5.1 Descrição da área	17
5.2 Espécie estudada	18
6 AMOSTRAGEM DOS DADOS	19
6.1 Distribuição espacial e Estrutura populacional	19
6.2 Micro-habitat de ocupação	19
6.3 Dinâmica populacional	20
6.4 Variáveis ambientais	20
7 TRATAMENTOS DOS DADOS	21
7.1 Distribuição espacial	21
7.2 Estrutura populacional e micro-habitat de ocupação	21
7.3 Dinâmica geral da população	22
7.4 Dinâmica por classe diamétrica e micro-habitat	23
7.5 Relações com as variáveis ambientais	24
8 RESULTADOS	25
8.1 Distribuição espacial	25
8.2 Descrição estrutural das populações	25
8.3 Dinâmica geral da população	28
8.4 Dinâmica por classes diamétricas e micro-habitat	29
8.5 Variáveis ambientais	31
9. Discussão	37
9.1 Distribuição espacial	37
9.2 Estrutura e dinâmica das populações	37
9.3 Variáveis ambientais	39
10. Conclusão	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

Os campos rupestres, geralmente, estão situados em áreas acima de 900 m de altitude, nos montes cujas rochas são de origem pré-cambriana, os afloramentos rochosos são principalmente de quartzito, arenito e minério de ferro. As áreas onde esses campos rupestres se distribuem são principalmente na Cadeia do Espinhaço, áreas isoladas são encontradas nas serras do Brasil Central, por exemplo, na Chapada dos Veadeiros e Serra dos Pirineus, Serra da Canastra, na região de São João del Rei, Tiradentes e Itutinga em Minas Gerais (VASCONCELOS, 2011).

Os campos rupestres formam um mosaico de “ilhas” de vegetação no alto das montanhas (ALVES et al., 2014). Os complexos rupestres de quartzito possuem dois principais grupos de vegetação: os campos, onde são encontradas espécies herbáceas se desenvolvendo em solo arenoso-pedregoso, e os afloramentos rochosos, em que predominam os arbustos, subarbustos e algumas herbáceas, que implantam suas raízes em fendas de rochas ou se agrupam em pequenos vales dos afloramentos (BENITES et al., 2003).

Esses habitats rochosos estão inseridos em diversos biomas terrestres, e sua variação está relacionada com a descontinuação topográfica e vegetal. Os afloramentos rochosos constituem uma barreira ecológica para uma ampla variedade de espécies, espécies altamente especializadas a baixa retenção de água, escassez de nutrientes, dificuldades de retenção de sementes e germinação e exposição a ventos e insolação (LARSON et al., 2005). Muitas das espécies dessas áreas de afloramentos rochosos se adaptam a esses ambientes, como as plantas ressuscitadas (Cyperaceae e Velloziaceae), desenvolvem formas adaptativas como bulbos, folhas em formato de tanque e raízes atmosféricas (Orquidaceae, Bromeliaceae entre outras) e também as monocotiledôneas (RIBEIRO et al., 2007).

Nesses micro-habitats de afloramentos rochosos, onde há extremas condições de sobrevivências, as rochas e alguns objetos da paisagem tornam-se facilitadores do processo de sobrevivência e crescimento das plantas (MÚNGIA-ROSA, 2007). Na maioria dos locais rochosos permanecem alguns dos mais bem preservados habitats terrestres do planeta, protegidos do pastoreio, fogo e muitas outras atividades econômicas (RIBEIRO et al., 2007).

As espécies do gênero *Lychnophora* são endêmicas dos campos rupestres localizados na região de Itutinga em Minas Gerais, sendo resultado de especiação intensa ligada às barreiras geográficas inerentes à distribuição disjunta dessas formações (MANSANARES et al., 2004). O alto endemismo e a especiação das espécies de *Lychnophora* estão

provavelmente associados às barreiras naturais existentes nas regiões de alta altitude, dificultando o fluxo gênico entre as populações (SEMIR, 1991; MANSANARES et al., 2002).

O que as torna mais sensíveis a mudanças ambientais e impactos antrópicos é a forte exploração extrativista intensa, devido ao seu potencial medicinal (GOBBO-NETO et al., 2017). A espécie *Lychnophora pinaster* Mart. é uma das espécies endêmicas em estado de vulnerabilidade nos campos rupestres do estado de Minas Gerais (COPAM, 1997).

Lychnophora pinaster (arnica-mineira) é amplamente conhecida por suas propriedades medicinais, como anti-inflamatório, analgésico, antimicrobiano e antirreumático (GOBBO-NETO et al., 2017). Especificamente seus ramos, folhas e inflorescências são utilizados como cataplasmas, compressas e extratos hidro alcoólicos (RODRIGUES; CARVALHO, 2001).

Estudos sobre os aspectos populacionais são de extrema importância para analisar a dinâmica e estrutura espacial e populacional e subsidiar estratégias para a conservação e, em particular, em relação à espécie alvo desse trabalho (CARVALHO et al., 2005). Estudos dessa natureza permitem entender como os indivíduos nas populações estão distribuídos, como a espécie se distribui em relação ao seu habitat e condições ambientais, bem como entender os estágios de vida, classes etárias mais abundantes e avaliar as taxas de mortalidade, recrutamento e crescimento.

O presente estudo aborda a estrutura e dinâmica da espécie *Lychnophora pinaster*, visando a compreensão de como as populações desta espécie se estruturam, como estas populações variam ao longo do tempo e no espaço e que fatores bióticos e abióticos interagem nestes processos. Tal conhecimento fornece subsídios para a elaboração de estratégia de manejo e conservação da espécie, bem como a conservação do seu habitat.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar a estrutura, distribuição e dinâmica populacional da espécie *Lychnophora pinaster* em campos rupestres no Sul de Minas Gerais.

2.2 Específicos

- Conhecer os padrões de estrutura e distribuição espacial das populações da espécie (agregada, uniforme ou aleatório), bem como os fatores ambientais que as modulam;
- Entender a dinâmica populacional da espécie e a sua interação com as variáveis ambientais.

3 HIPÓTESES

- A espécie *Lychnophora pinaster* apresenta um padrão de distribuição espacial agregado, devido às condições ambientais dos campos rupestres, como os micro-habitat, que possuem “nurse objects” como rochas, que possibilitam condições ambientais mais propícias para a germinação e desenvolvimento dos indivíduos.
- A abundância é maior na classe de indivíduos pequenos e possivelmente jovens, devido à grande produção de sementes e posterior mortalidade ligada seleção ambiental reduzindo os números nas classes superiores de tamanho.
- Os indivíduos jovens serão mais abundantes nas manchas de solo, devido à disponibilidade de recursos, ao passo que os indivíduos adultos serão proporcionalmente mais comuns nas fendas de afloramentos rochosos devido à proteção contra a ação do fogo e à menor competição de recursos com outras plantas.
- A taxa de mortalidade é maior nas classes de menor altura e diâmetro devido a maior presença de biomassa do estrato gramínea, implicando em alta competição entre os indivíduos.
- As variáveis ambientais analisadas como matéria orgânica e os macro nutrientes afetaram de maneira positiva a taxa de crescimento, a abundância de indivíduos e a taxa de recrutamento.
- As taxas de mortalidade serão influenciadas pelos teores de micronutrientes e alumínio.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

4.1 Gênero *Lychnophora*

Asteraceae é a família com maior número de espécies entre as eudicotiledôneas (CHASE et al., 1993; JUDD et al., 1999), possuindo 1.620 gêneros e cerca de 23.600 espécies (SEMIR, et al., 2011). Asteraceae está distribuída em todos os continentes, exceto no Antártico (BREMER, 1994).

As primeiras coleções registradas do gênero *Lychnophora* foram feitas por Martius e Pohl em 1815 (COILE; JONES, 1981) e em 1822, Martius descreveu oito espécies, das quais sete foram ilustradas (COILE; JONES, 1981), caracterizando o gênero *Lychnophora* Mart. por meio de suas diferenciadas inflorescências glomerulares e aquênios com pappus decíduos (MANSANARES et al., 2002).

Coile e Jones (1981) revisaram o gênero *Lychnophora*, classificando 11 espécies. Em estudos posteriores, Semir (1991) reclassificou o gênero e obteve 64 espécies (MANSANARES et al., 2004). A última revisão foi realizada por Robinson (1999a) que considerou 34 espécies do gênero, em oposição as 64 espécies classificadas por Semir (1991) (MANSANARES et al., 2004).

O gênero *Lychnophora* possui grande endemismo e especiação, ocorrendo nas regiões de campos rupestres na Bahia, Goiás, Minas Gerais e em São Paulo (SEMIR et al., 2011). Estes solos possuem baixo teor de nutrientes e são ricos em metais pesados (BENITES et al., 2003; BUENO et al., 2017).

As espécies do gênero *Lychnophora* apresentam hábito de arvoretas candelabrifórmes pinóides a arbustos e com menor frequência subarbustos (SEMIR et al., 2011). A espécie *Lychnophora pinaster* apresentam uma variação de subarbustos eretos com vários ramos a pequenos arbustos ericóides e, em casos mais raros, arbustos candelabrifórmes de 0,4 a 3,6 m de altura (SEMIR et al., 2011).

Atualmente, a espécie *Lychnophora pinaster* é encontrada somente no estado de Minas Gerais, crescendo nos altos das serras expostas a intensa insolação, nas fendas dos blocos de rochas, localizadas em Lavras e em municípios próximos, na Serra do Cipó e do Caraça, em ambientes extremamente xéricos, e em campos de canga, nas Serras do Rola Moça, Curral e da Moeda (SEMIR et al., 2011).

4.2 Campos Rupestres

O campo rupestre é uma vegetação predominantemente herbáceo-arbustiva, podendo apresentar arvoretas com no máximo dois metros de altura. Espécies típicas ocorrem em um complexo de vegetação que agrupa paisagens em micro relevos, ocupando faixas de afloramentos rochosos (RIBEIRO; WALTER, 1998).

Os campos rupestres de quartzito possuem dois principais grupos de vegetação; os campos, onde são encontradas as espécies herbáceas desenvolvendo em solo arenoso-pedregoso, e os afloramentos rochosos, em que predominam os arbustos, subarbustos e algumas herbáceas, que implantam suas raízes em fendas de rochas ou se agrupam em pequenos vales dos afloramentos (BENITES et al., 2003).

Os campos rupestres são restritos de regiões acima de 900 m de altitude, os montes cujas rochas são de origem pré-cambriana foram transformadas por movimentos tectônicos a partir do Paleógeno, esses afloramentos rochosos são principalmente de quartzito, arenito e minério de ferro (VASCONCELOS, 2011). Os afloramentos dos campos rupestres estão sempre expostos a grande variação de temperatura, ventos, déficit hídrico, enxurradas e fogo (GIULIETTI et al., 1997).

As plantas dessas áreas, geralmente, possuem alta capacidade de fixação ao substrato, possuem folhas coriáceas e fibrosas, os estômatos ficam protegidos e algumas espécies apresentam fisiologia especializada com metabolismo C4 e CAM (RAPINI et al., 2008).

O fogo é um dos agentes que estruturam a dinâmica e a estrutura vegetal dos campos rupestres. A passagem do fogo é impedida pelos afloramentos rochosos e há maior queima de biomassa nas manchas de solo. Nas regiões de afloramentos rochosos formam-se micro-habitat entre as fendas das paredes rochosas dominadas por arbustos e árvores, sendo tais áreas relativamente mais protegidas do fogo que as manchas de solo, onde predominam vegetações mais herbáceas (NEVES; CONCEIÇÃO, 2010).

4.3 Ecologia Populacional

A distribuição e demografia das plantas são condicionadas por múltiplos fatores que interagem em diferentes escalas no espaço e no tempo. Tais interações são dinâmicas e podem se alterar dependendo do estágio de desenvolvimento e do histórico de vida da planta, ou do impacto abiótico que proporciona flutuações populacionais em função dos processos

dependentes da densidade, estocásticos ou independentes da densidade (HUGHES et al., 2011).

Na escala local, os indivíduos podem se distribuir de forma aleatória, agregada ou uniforme (TOWNSEND et al., 2010). A distribuição agregada depende principalmente das características intrínsecas do habitat e/ou da presença de progenitores. Próximo aos progenitores normalmente a chuva de sementes é mais intensa e as plântulas, por isto, possuem distribuição agregada. Também áreas com recursos mais favoráveis para a espécie tendem a ter maior densidade de seus indivíduos. Na uniforme, os indivíduos possuem distâncias similares, provavelmente devido à alta competição, fazendo com que os indivíduos estejam homogeneamente espaçados (HUTCHINGS, 1997; TOWNSEND et al., 2010; LIMA-RIBEIRO; PRADO, 2007).

Nas áreas de campo rupestre a forma agregada geralmente é a mais comum entre as espécies vegetais (HAY et al., 2000; SÜHS; BUDKE, 2011). Estudos realizados no cerrado mostraram que em 45 espécies do cerrado, 64% possuem padrão agregado (HAY et al., 2000). Na distribuição agregada, os indivíduos estão agregados nas regiões mais favoráveis dos habitats (HAY et al., 2000).

O recrutamento pode ser facilitado por elementos do micro relevo, como fendas, pedras, buracos, chamados de “nurse objects” (MUNGUÍA-ROSAS; SOSA, 2007), agregando a população em áreas mais propícias. Os mecanismos potenciais de facilitação do desenvolvimento das plantas pelos “nurse objects” são a melhoria microclimática, proteção contra danos mecânicos, o acúmulo de água e solo, e/ou uma redução no risco de predação (MUNGUÍA-ROSAS; SOSA, 2007).

Os estádios no ciclo de vida das plantas fornecem intervalos úteis para analisar as alterações que acontecem no tamanho da população ao longo do tempo (SILVERTOWN, 1992). O estágio inicial das plantas começa no banco de sementes, ou rapidamente germinam. Da passagem do banco de sementes ao estabelecimento das plântulas normalmente ocorre um forte filtro ambiental (SILVERTOWN, 1987).

Algumas sementes passam por esse filtro para uma emergência bem sucedida de mudas, outras morrem e algumas germinam e outras ficam dormentes no solo. As mudas que germinam e se estabelecem formam uma coorte. Seguindo o destino de uma coorte de indivíduos ao longo do tempo, podemos obter valores prováveis de nascimento (produção de sementes e rametes), morte e sobrevivência para indivíduos típicos de classes específicas (SILVERTOWN, 1987).

A distribuição de indivíduos em classes de tamanho em uma população é determinada pela ação de fatores abióticos e bióticos (HUTCHINGS, 1997). Existem três principais tipos de curvas de sobrevivência, devido às proporções de crescimento das diferentes classes de idade da população. Primeiramente, há uma curva altamente convexa, em que a taxa de mortalidade da população se mantém baixa até o final do ciclo de vida. No outro extremo uma curva côncava, quando ocorre uma mortalidade alta durante a fase jovem, sendo que uma vez que o indivíduo esteja estabelecido em um substrato favorável, a expectativa de vida aumenta. Os padrões intermediários são aqueles em que a sobrevivência difere altamente entre as etapas sucessivas do ciclo de vida (ODUM, 2006).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Descrição da área

As áreas de estudo estão localizadas nos municípios de Itumirim e Carrancas, no planalto do Alto do Rio Grande, no Sul de Minas Gerais (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização e localização das áreas amostradas.

Área de Estudo	Município	Altitude média	Coordenadas Geográficas Centrais
Morro Janela	Itumirim, MG	1145m	21°35'31"S/44°79'94"W
Água Limpa	Carrancas, MG	1200m	21°27'26"S/44°35'50"W

O planalto Alto do Rio Grande contempla o Complexo das Serras da Bocaina e de Carrancas fazendo parte os municípios de Lavras, Itumirim, Ingaí, Itutinga, Carrancas e Minduri (NETO, 2012).

O domínio morfo-estrutural é composto por cristas monoclinais quartzíticas, que intercalam um relevo com morros e colinas em serras alongadas e tectonicamente deformadas. Um contínuo de superfície de montanhas define um ambiente geológico com destaque das áreas de cristas de quartzito individualizadas, formando uma paisagem litólica onde predomina a vegetação dos Campos Rupestres, altamente adaptada às rachaduras e fraturas presentes nos afloramentos rochosos e a escassez hídrica que se encontra nestes compartimentos geomorfológicos (NETO, 2012).

O complexo da Serra da Bocaina e de Carrancas possui altitudes que variam de 800 a 1200 m, podendo chegar aos 1600 m nos ápices das serras. A classificação de Köppen, para o complexo da Serra da Bocaina e de Carrancas, caracteriza a área com um padrão climático Cwb, ou seja, temperado mesotérmico, caracterizado por verões amenos e úmidos e invernos secos. A temperatura média anual é de 20°C, com médias anuais variando de 10°C em julho e de 25°C em janeiro, a pluviosidade média anual é de 1400 mm, concentradas nos meses de novembro a fevereiro (ALVARES et al., 2013; EPAMIG, 2002; SIMÕES; KINOSHITA, 2002).

5.2 Espécie estudada

Lychnophora pinaster Mart. é uma espécie da família Asteraceae Martinov. (Compositae Giseke). São plantas variando de subarbusto ereto com muitos ramos a pequenos arbustos ericóides e raramente arbustos mais altos candelabriformes com 0,4 a 2,4 m, alguns raramente chegando a 3,6 m. Os ramos são alternos, geralmente de coloração cinérea a nigriscente abaixo e canescente acima. As folhas muito imbricadas e ascendentes na parte superior dos ramos e mais patentes até pouco reflexas abaixo. As inflorescências são em glomérulos de capítulos, congestos, hemisféricos com folhas esparsas entre eles. Os capítulos são campanulados a cilíndricos com 3 a 5 flores, brácteas involucrais em 4 a 5 séries. As flores são lilases a púrpuras com 0,8 a 10 mm de comprimento. As anteras são alvas com até 4 mm de comprimento. Os frutos são cípselas obcônicas a ovais cilíndricas, com papus externo quadrático (COYLE e JONES 1981; SEMIR et al., 2011).

Lychnophora pinaster, bem como outras espécies do gênero *Lychnophora*, apresentam propriedades medicinais e são utilizadas como anti-inflamatório, analgésico, antimicrobiano, anti-reumático, antitumorais, e também possui atividade tripanocida (GOBBO-NETO et al., 2017; SEMIR et al., 2011), sofrendo frequentemente coletas intensas de ramos e indivíduos pelas populações locais. Em algumas regiões tais coletas tem causado a redução das populações (MELO, 2006).

Figura 1 – Espécie *Lychnophora pinaster* na Serra de Carrancas e Itumirim sobre os afloramentos rochosos.

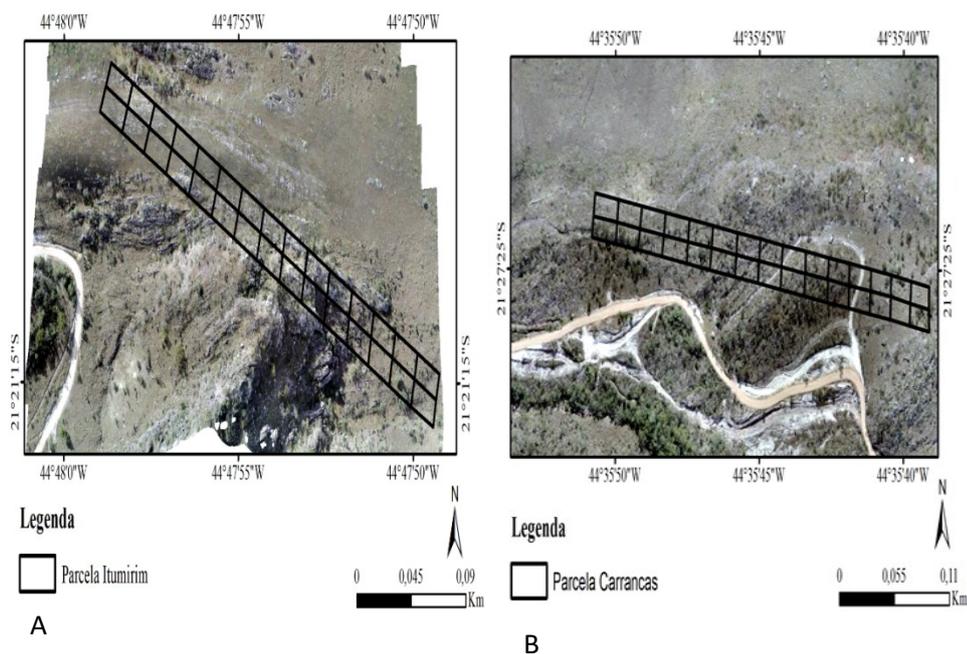


6 AMOSTRAGEM DOS DADOS

6.1 Distribuição espacial e Estrutura populacional

Este trabalho foi uma continuação do estudo realizado por Campos (2014) nos meses de janeiro a março de 2013, em que foram lançadas parcelas permanentes (20 m × 10 m) em número de 30 na área de Itumirim e na mesma quantidade na área de Carrancas. Em cada área as 30 parcelas foram alocadas em duas linhas paralelas contínuas, cada uma com 15 parcelas (Figura 2). O levantamento de dados abrangeu todas as plantas vivas de *L. pinaster* com altura igual ou superior a 3 cm. Os indivíduos foram marcados com placas de alumínio amarradas com fios de arame no “tronco” de cada uma, gravadas com o número da parcela e o número do indivíduo. Os dados amostrados abrangeram número do indivíduos, altura e diâmetro ao nível do solo (DNS), sendo utilizados trena e paquímetro digital, respectivamente, para as medições.

Figura 2 – Parcelas alocadas na área de Itumirim (A) e Carrancas (B).



6.2 Micro-habitat de ocupação

Para a verificação da influência do micro-habitat na estrutura das populações e investigar se há distribuição preferencial dos indivíduos por determinados habitats, para cada

indivíduo amostrado foi anotado se este estava enraizado em área com solo livre de rochas (S), em rocha (R), em fenda de rocha (FR) ou em cascalho (C).

6.3 Dinâmica populacional

Entre setembro e outubro de 2018, os indivíduos sobreviventes foram remeidos, os recrutas (indivíduos que atingiram o critério mínimo de inclusão, 3 cm de altura) foram registrados e tiveram suas dimensões medidas, e foram contabilizados os indivíduos mortos.

6.4 Variáveis ambientais

As variáveis ambientais adotadas foram os componentes do solo (pH, potássio - K, cálcio - Ca, fósforo - P, magnésio - Mg, soma de bases trocáveis - SB, capacidade de troca catiônica a pH 7 - T, índice de saturação de bases - V, capacidade de troca catiônica efetiva - t, matéria orgânica - M.O., fósforo remanescente - Prem) de cada área. Para análise da composição foi coletado o solo de cada extremidade e do centro de cada parcela. Em seguida essas amostras foram misturadas e obtida uma amostra composta por parcela nas duas áreas. O solo coletado foi alocado em saco plástico e levado para análise de composição no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

7 TRATAMENTOS DOS DADOS

7.1 Distribuição espacial

O índice de Morisita (MORISITA, 1959) (POOLE, 1974) (SAKAI, S. et al., 1999) foi utilizado para a verificação da distribuição espacial das populações. Este índice é independente da densidade populacional e do tamanho da amostra e para o cálculo é por meio da equação (6.1.1 e 6.1.2):

$$Id = \sum N[(n_i*(n_i-1))/(n*(n-1))] * N, \quad (6.1.1)$$

Onde:

Id = índice de dispersão de Morisita;

n_i = número de indivíduos na i-ésima amostra;

n = número total de indivíduos em todas as amostras;

N = número de amostras

Se Id for igual a 1 o padrão é aleatório. Se $Id > 1$ o padrão é agregado e se, $Id < 1$ o padrão é uniforme ou regular.

A significância do Id pode ser testada usando-se a estatística do teste F como segue:

$$F = (Id*(n-1) + N - n) / (N - 1) \quad (6.1.2)$$

O valor de F calculado (F_c) é comparado com o F tabelado (F_t) com $N-1$ graus de liberdade no numerador (POOLE, 1974).

7.2 Estrutura populacional e micro-habitat de ocupação

Para analisar a estrutura das populações, os indivíduos foram divididos em classe de diâmetro e altura, empregando-se amplitudes de classes crescentes determinadas pelas equações (SPIEGEL, 1976):

- a) Intervalo de classe foi obtida pela fórmula (6.2.1) (IC):

$$IC=A/nc \quad (6.2.1)$$

Onde:

A = amplitude,

nc = número de classes.

b) Amplitude (A)

$$A = \text{maior diâmetro} - \text{menor diâmetro}$$

c) Número de classes foi obtida por meio da fórmula (6.2.2) (nc):

$$nc= 1+ 3,3 \log n \quad (6.2.2)$$

Onde: n = número de dados

Classes de diâmetros iguais foram criadas para a população de Itumirim e Carrancas. A amplitude das classes de diâmetro ao nível do solo (DNS) foi de 20 milímetros, o número total de classes de diâmetro foram sete para ambas as populações de Itumirim e Carrancas. Gráficos da estrutura diamétrica e da estrutura em altura dos indivíduos nas parcelas e nas áreas estudadas foram configurados. Para complementação das análises estruturais, para cada micro habitat foi contado o número de indivíduos presente nos mesmos.

O teste ANOVA two-way foi utilizado para verificar se houve variação no número de indivíduos entre as classes de diâmetro e de altura nas populações de Itumirim e Carrancas, bem como entre as classes diamétricas e de altura e os tipos de substrato. O teste de qui-quadrado foi utilizado para testar se a distribuição de indivíduos por classe de tamanho é diferente entre os tipos de substrato. Estas análises foram realizadas utilizando o software Past 3.14.

7.3 Dinâmica geral da população

Para calcular as taxas anuais médias de mortalidade (M) e recrutamento (R) dos arbustos individuais e as taxas anuais médias de ganho (G) e perda (P) em área basal, foram utilizadas as equações (6.3.1, 6.3.2, 6.3.3 e 6.3.4) (SHEIL; 1995, 2000):

$$M = \{1 - [(N0 - m)/N0]^{1/t}\} \times 100, \quad (6.3.1)$$

$$R = [1 - (1 - r/Nt)^{1/t}] \times 100, \quad (6.3.2)$$

$$P = \{1 - [(AB0 - (ABm + ABd))/AB0]^{1/t}\} \times 100, \text{ e} \quad (6.3.3)$$

$$G = \{1 - [1 - (ABr + ABg)/ABt]^{1/t}\} \times 100, \quad (6.3.4)$$

Onde t é o tempo entre os inventários, $N0$ é o número de indivíduos inicial e Nt é o número de indivíduos final, m é o número de arbustos mortos e r é o número de recrutas, $AB0$ e ABt são as áreas basais inicial e final dos indivíduos, respectivamente, ABm é a área basal dos indivíduos mortos, ABr é a área basal dos recrutas e ABd é o decremento (redução diamétrica ou perda parcial do tronco) e ABg o incremento em área basal dos indivíduos sobreviventes.

A taxa média anual de rotatividade em número de arbustos (Tn) e em área basal (Tba) foram calculadas por meio das taxas médias de mortalidade e recrutamento e de perda e ganho, respectivamente, segundo as equações (6.3.5 e 6.3.6) (OLIVEIRA-FILHO et al., 1997, WERNECK; FRANCESCHINELLI, 2004):

$$TN = (M + R)/2 \quad (6.3.5)$$

$$TAB = (P + G)/2 \quad (6.3.6)$$

As taxas de mudança líquida para o número de indivíduos (ChN) e para a área basal ($ChAB$) foram calculadas a partir das equações (6.3.7 e 6.3.8) descritas por Korning e Balslev (1994):

$$ChN = [(Nt/N0)^{1/t} - 1] \times 100, \quad (6.3.7)$$

$$ChAB = [(ABt/AB0)^{1/t} - 1] \times 100 \quad (6.3.8)$$

Todas as análises foram realizadas através de modelos criadas usando o software Excel 2010. Para comparar as duas áreas foi utilizado o teste de qui-quadrado no software Past 3.14.

7.4 Dinâmica por classe diamétrica e micro-habitat

Para a análise da dinâmica em relação às classes diamétricas e substrato foram contados os indivíduos mortos bem como mensurados e contabilizados os recrutas em cada uma das classes e substratos ocupados.

Após as análises realizou-se uma comparação das populações de Itumirim e Carrancas, para analisar se ambas as populações seguiam o mesmo padrão, entre as proporções de indivíduos que ingressaram (recrutas) e os indivíduos que morreram em cada classe de diâmetro e para os tipos de substrato por meio do teste ANOVA two-way usando o software Past 3.14.

7.5 Relações com as variáveis ambientais

Para apontar quais variáveis tiveram maior variação entre as parcelas foi realizada uma PCA (Principal Component Analysis). Assim, selecionou-se as variáveis para inserir nos modelos lineares. Os critérios utilizados para a seleção das variáveis foram as que apresentaram máximas variações na dimensão 1 e na dimensão 2 da PCA. E ainda, foram excluídas as variáveis que são redundantes para não haver sobreposição dos dados.

Para avaliar como os atributos do solo conduzem a abundância, a altura e diâmetro médio ao nível do solo dos indivíduos, a taxa de crescimento, recrutamento e mortalidade de uma população de *L. pinaster*, utilizou modelos lineares (LM). A distribuição de erro binomial negativo com função de link de log foi utilizado para dados de contagem (abundância), uma vez que esses dados mostraram uma superdispersão significativa impedindo o uso do erro de Poisson. Uma distribuição de erro gaussiana foi usada para variáveis de resposta contínua (normalidade foi testada e confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk). Com base no Critério de

Informação Akaike da segunda ordem (AICc), foi selecionado o melhor conjunto de modelos entre todas as possibilidades, considerando aqueles com $\Delta AICc < 2$ como igualmente apoiados (Burnham e Anderson, 2002). A partir desse conjunto de modelos candidatos, utilizou-se uma abordagem de média de modelo para estimar os coeficientes médios, que representam a soma do produto das estimativas de parâmetro em cada modelo com o peso do modelo associado (Vierling et al., 2013).

As análises foram realizadas utilizando a plataforma R (R-Core-Team, 2015) e os seguintes pacotes: lme4 (Bates et al. 2014), lmerTest (Kuznetsova et al. 2016), MuMIn (Barton 2016) e ggplot2 (Wickham e Chang 2016).

8 RESULTADOS

8.1 Distribuição espacial

Ambas as populações apresentaram um padrão agregado de distribuição. O valor do índice de Morisita (Id) foi de 2,15 (Ft 1,54 < Fc 129,77) para a área de Itumirim e de 1,99 (Ft 1,54 < Fc 99,15) para a área de Carrancas, onde o nível de significância é $p=0,05$.

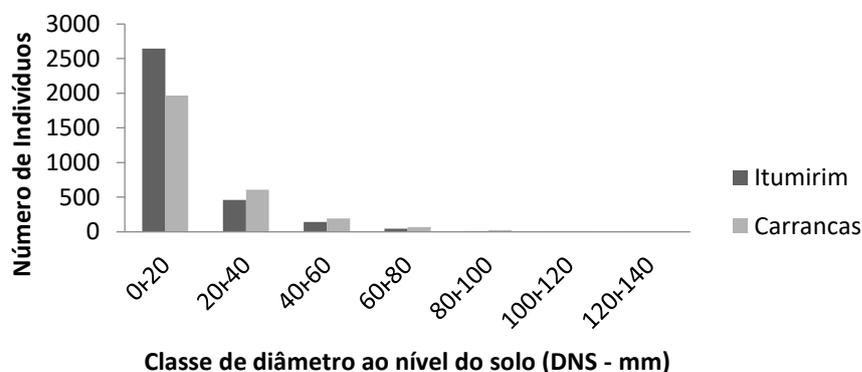
8.2 Descrição estrutural das populações

O número total de indivíduos de *L. pinaster* mensurados foi de 3293 em Itumirim e 2857 em Carrancas. O que indica 0,55 indivíduos/m² em Itumirim e 0,48 indivíduos/m² em Carrancas.

Em relação às classes de diâmetro e de altura, observaram-se que ocorre uma maior concentração de indivíduos nas classes menores, em ambas as populações (Gráfico 1). Por exemplo, a classe I (de 0 a 20 cm em diâmetro) da população de Itumirim apresentou 80% dos indivíduos e a população de Carrancas apresentou 69% dos indivíduos. As classes com maiores diâmetros (60 a 140 mm) apresentaram um menor número de indivíduos nas duas populações.

Quando analisadas as variações do número de indivíduos entre as classes de diâmetro nas duas populações percebeu-se que não houve diferença significativa nas duas populações ($p>0,05$, $F=0,36$).

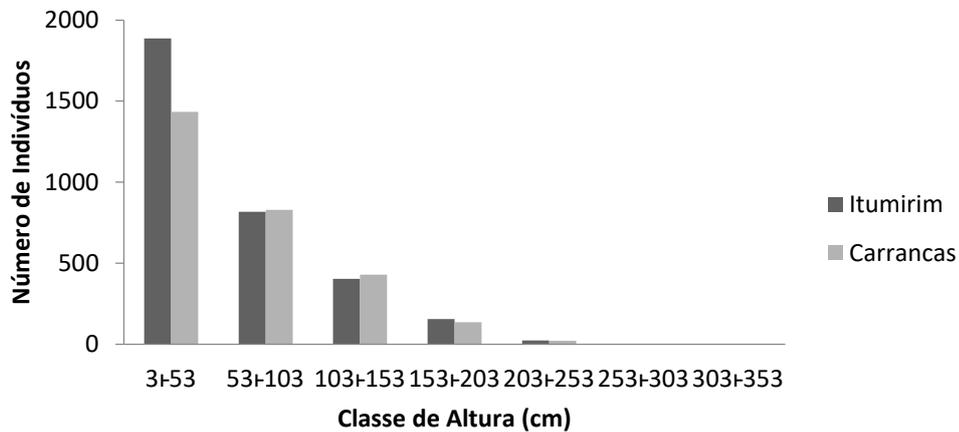
Gráfico 1 – Número de indivíduos por classes de diâmetro para as populações de *L. pinaster* em Itumirim e Carrancas.



Para as classes de altura, a classe I (de 3 a 53 cm) respondeu por 57% dos indivíduos em Itumirim e 69% dos indivíduos em Carrancas (Gráfico 2), o que demonstra uma semelhança com a distribuição para as classes diamétricas. Na classe II (53 a 103 cm) em Itumirim comportou 14% de indivíduos e, em Carrancas, 21,3% dos indivíduos. No entanto, na área de Itumirim e Carrancas um menor número de indivíduos foi encontrado nas classes de maior diâmetro (203 a 353 cm).

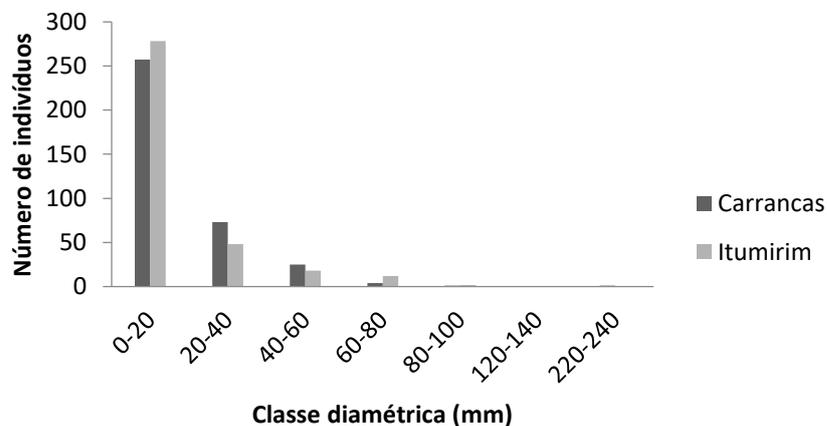
Quando há uma comparação nas variações do número de indivíduos entre as classes de altura nas duas populações, foi observado que não houve diferença significativa no número de indivíduos entre as áreas ($p > 0,05$, $F = 0,928$).

Gráfico 2 – Número de indivíduos por classes de altura para as populações de *L. pinaster* em Itumirim e Carrancas.



O número de indivíduos mortos apresentou maior abundância nas classes de diâmetro menores (0 a 60 mm) nas duas populações (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Número de indivíduos mortos por classes diamétricas na população de Itumirim e Carrancas.



Em Itumirim os indivíduos nas classes de 0 a 60 mm de diâmetro e de 3 a 153 cm de altura se apresentam respectivamente em maior concentração no solo (28%, 33%) e no cascalho (26%, 29%) enquanto que em Carrancas nas menores classes (0 a 60 mm) de diâmetro e de altura (3 a 153 cm) se concentraram respectivamente no solo (32%, 31%) e fenda de rocha (33%, 32%) (tabela 2 e 3). Os indivíduos maiores em diâmetro (60 a 140 mm) tiveram uma maior concentração em fendas de rocha e rocha em ambas as áreas.

Quando comparado se há diferença significativa no número de indivíduos entre as classes diamétricas em cada tipo de substrato é encontrado que no cascalho ($F=0,94$, $p=0,34$), na fenda de rocha ($F=3,75$, $p=0,09$), na rocha ($F=6,24$, $p=0,054$) e no solo ($F=0,34$, $p=0,57$) não há diferença significativa no número de indivíduos entre as áreas (tabela 2 e 3).

No cascalho ($p=0,17$, $F=2,25$), na fenda de rocha ($p=0,057$, $F=5,51$), rocha ($p=0,36$, $p=0,36$) e no solo ($p=0,43$, $F=0,68$) não há diferença significativa entre as populações no número de indivíduos entre as classes de altura (tabela 2 e 3).

Na área de Itumirim há diferença significativa na distribuição dos indivíduos por classe de diâmetro nos diferentes tipos de substrato ($p<0,001$), ou seja, a proporção dos indivíduos em classes de diâmetro maior nas fendas de rocha e rocha é maior do que nas áreas de solo e cascalho, porém na área de Carrancas não houve diferença significativa ($p=0,27$).

Tabela 2 – Análise de número de indivíduos por classe diamétrica em cada tipo de substrato.

Substrato	Cascalho		Fenda de Rocha		Rocha		Solo	
	Itumirim	Carrancas	Itumirim	Carrancas	Itumirim	Carrancas	Itumirim	Carrancas
Áreas	Itumirim	Carrancas	Itumirim	Carrancas	Itumirim	Carrancas	Itumirim	Carrancas
Classe diamétrica (mm)								
0-20	930	254	376	665	565	494	1018	799
20-40	130	145	86	294	171	72	145	175
40-60	40	36	39	114	61	12	22	56
60-80	4	8	18	45	27	2	11	19
80-100	2	3	4	11	1	2	0	6
100-120	0	0	0	3	1	0	0	1
120-140	0	0	0	0	0	0	0	1
220-240	0	0	0	1	0	0	0	0

Tabela 3 – Análise do número de indivíduos nas classes de altura em cada tipo de substrato.

Substrato	Cascalho		Fenda Rocha		Rocha		Solo	
	Itumirim	Carrancas	Itumirim	Carrancas	Itumirim	Carrancas	Itumirim	Carrancas
Classes altura(cm)								
3-53	676	160	245	452	335	396	823	617
53-103	275	177	141	367	232	140	256	260
103-153	105	84	81	223	174	34	96	124
153-203	42	22	44	77	67	9	17	43
203-253	5	3	11	11	13	1	1	13
253-303	0	0	1	1	3	0	0	0
303-353	0	0	0	0	1	0	0	0

8.3 Dinâmica geral da população

Com relação aos valores da dinâmica, observam-se que ambas as áreas apresentam valores semelhantes (tabela 4).

Tabela 4 – Resultados das taxas de mortalidade, recrutamento, perda em área basal (Perda AB), ganho em área basal (Ganho AB), mudança líquida em indivíduos (ChN), mudança líquida em área basal (ChAB), turnover de indivíduos (TN) e turnover de área basal (TAB) para as duas áreas de Carrancas e Itumirim.

Taxas (%)	Carrancas (%)	Itumirim (%)
Mortalidade	4.19	4.13
Recrutamento	11.91	14.29
Perda AB	6.25	5.91
Ganho AB	17.04	24.03
Mudança líquida (ChN)	8.77	11.85
Mudança líquida (ChAB)	9.87	8.53
Turnover (TN)	8.05	9.21
Turnover (TAB)	11.64	14.97

A taxa de mortalidade foi em torno de 4% para as duas populações, o que mostra que a taxa de mortalidade foi baixa em relação à taxa de recrutamento, que para a população de Itumirim foi de 11,91% e Carrancas 14,29%. A perda em área basal foi menor do que o ganho

em área basal para as duas populações devido ao crescimento dos indivíduos sobreviventes e ao fato do recrutamento ser muito superior à mortalidade.

8.4 Dinâmica por classes diamétricas e micro-habitat

Quando analisado o recrutamento e a mortalidade por classe diamétrica, observa-se que o recrutamento é muito maior que a mortalidade nas classes menores nas duas áreas (Gráfico 4 e 5). O recrutamento ($F=0,385$, $p=0,557$) e a mortalidade ($F=0,1$, $p=0,75$) foram semelhante entre as áreas.

Gráfico 4 – Análise da mortalidade e recrutamento por classes de diâmetro na população de Itumirim.

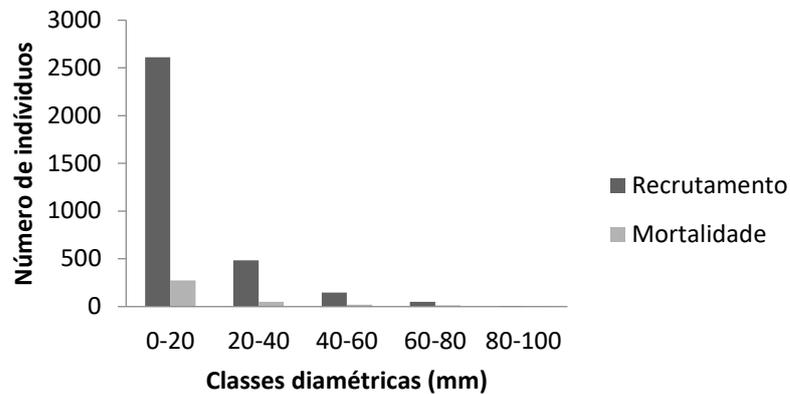
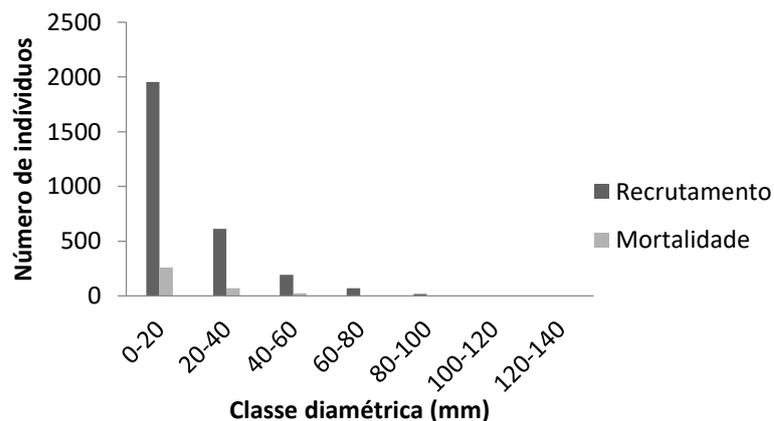
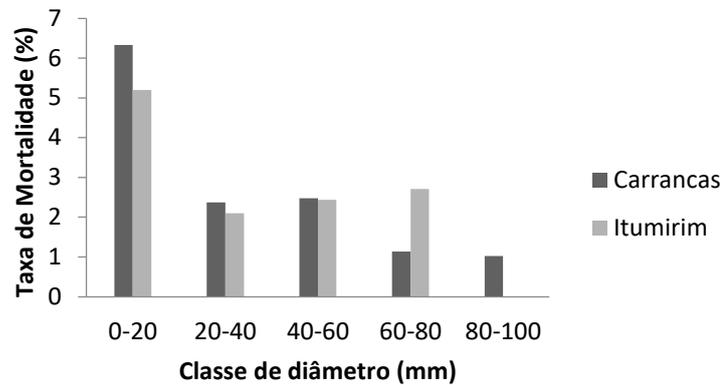


Gráfico 5 – Análise da mortalidade e recrutamento por classes de diâmetro na população de Carrancas.



As taxas de mortalidade são mais altas nas classes de menores diâmetros nas duas populações (Gráfico 6), não havendo diferença significativa entre elas ($p=0,84$).

Gráfico 6 – Taxa de mortalidade nas classes de diâmetro das populações de Itumirim e Carrancas.



Ao se analisar a dinâmica das duas populações nos diferentes tipos de substratos observa-se que ocorreu em ambas as áreas uma maior taxa de recrutamento no solo em Itumirim e em Carrancas (Gráfico 7 e 8). No entanto, a taxa de mortalidade se apresentou maior na fenda de rocha em Itumirim e no solo em Carrancas.

Não houve diferenças significativas para as taxas recrutamento entre as áreas ($F=0,0003$, $p=0,98$) e entre os tipos de substratos ($F=3,07$, $p=0,19$) em Itumirim. Embora houvesse diferença numérica entre as taxas de mortalidade nas duas populações e entre os tipos de substrato. A taxa de mortalidade foi semelhante entre as áreas ($F=1,673$, $p=0,286$) e entre os tipos de substratos ($F=0,09$, $p=0,95$).

Gráfico 7 – Taxas de mortalidade e recrutamento pelo tipo de substrato, rocha, fenda de rocha, solo e cascalho, na população de Itumirim.

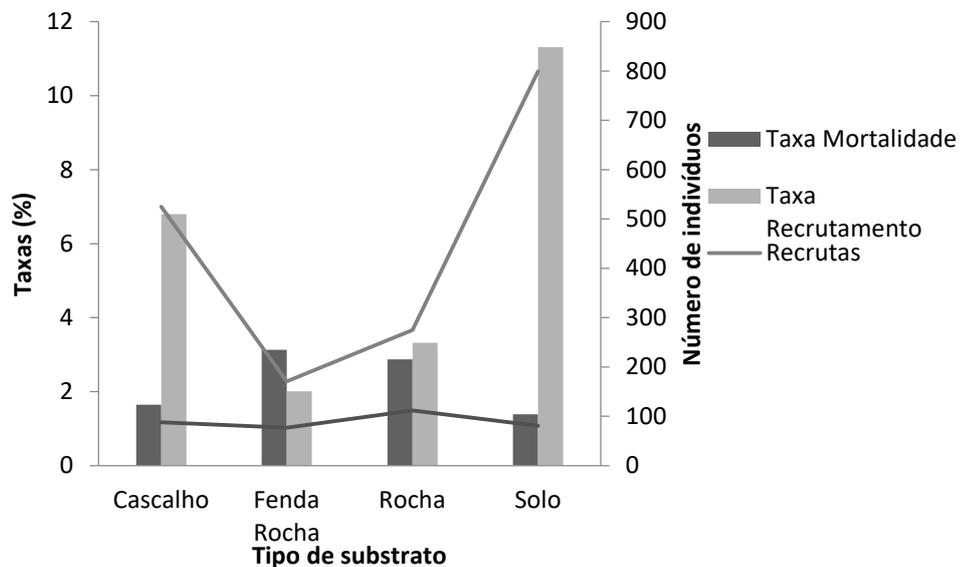
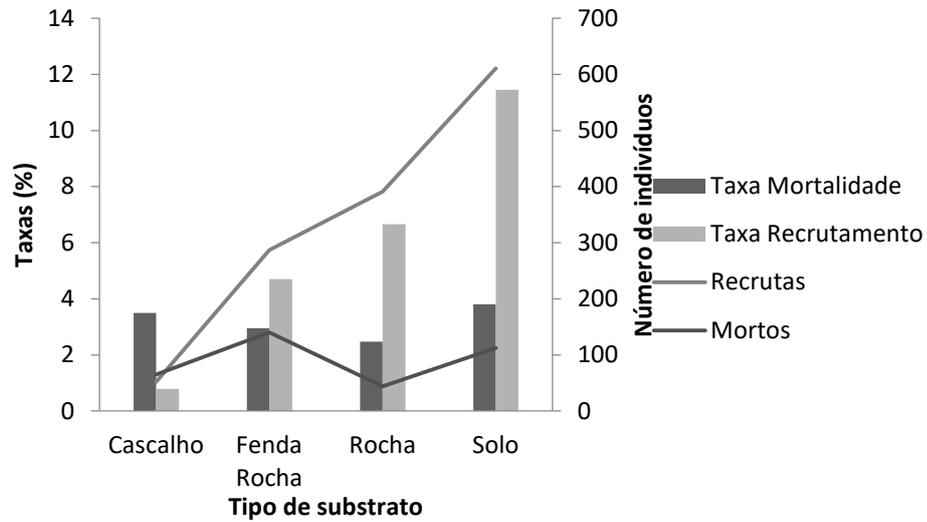


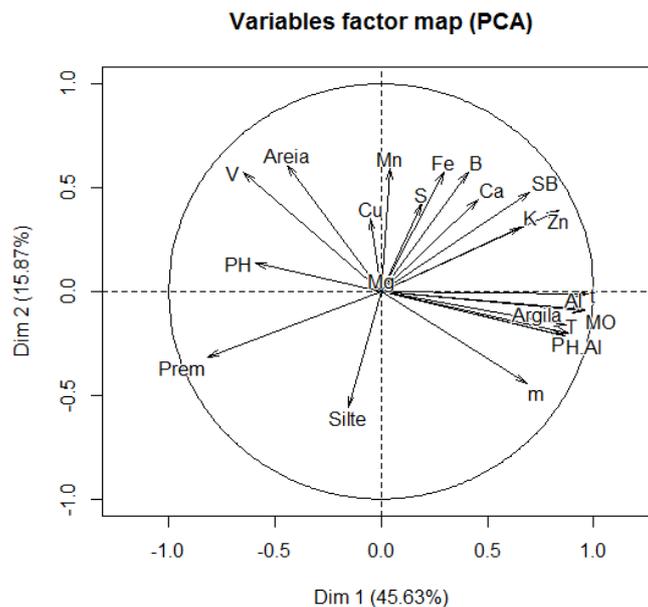
Gráfico 8 – Taxas de mortalidade e recrutamento pelo tipo de substrato, rocha, fenda de rocha, solo e cascalho, na população de Carrancas.



8.5 Variáveis ambientais

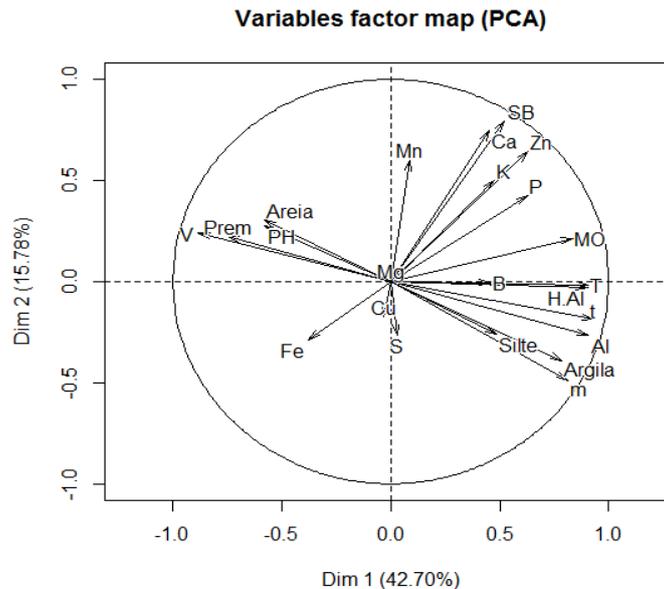
Na análise de PCA foram encontradas as variáveis que obtiveram maior valor de variação entre a primeira e a segunda dimensão. Na área de Carrancas (Gráfico 9) as variáveis selecionadas foram: Al, H+Al, MO, m, T, t, Argila, Zn, B, Fe, P, SB, Ca, m, Prem e V. Na área de Itumirim (Gráfico 10) as variáveis selecionadas que apresentaram maior valor na dimensão 1 e 2 da PCA foram as mesmas da área de Carrancas.

Gráfico 9 – Análise de PCA para a área de Carrancas.



Legenda: Variáveis de Solo: MO (matéria orgânica), t (capacidade de troca catiônica efetiva), SB (Soma de Bases), T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0), H+Al (Hidrogênio mais Alumínio), K (Potássio), Prem (Fósforo remanescente), V (Índice de Saturação de Bases), Fe (Ferro), pH (Potencial Hidrogeniônico), Al (Alumínio), B (Boro), Ca (Cálcio), Mn (Manganês), S (enxofre), Cu (Cobre), Zn (Zinco).

Gráfico 10 – Análise PCA para a área de Itumirim.

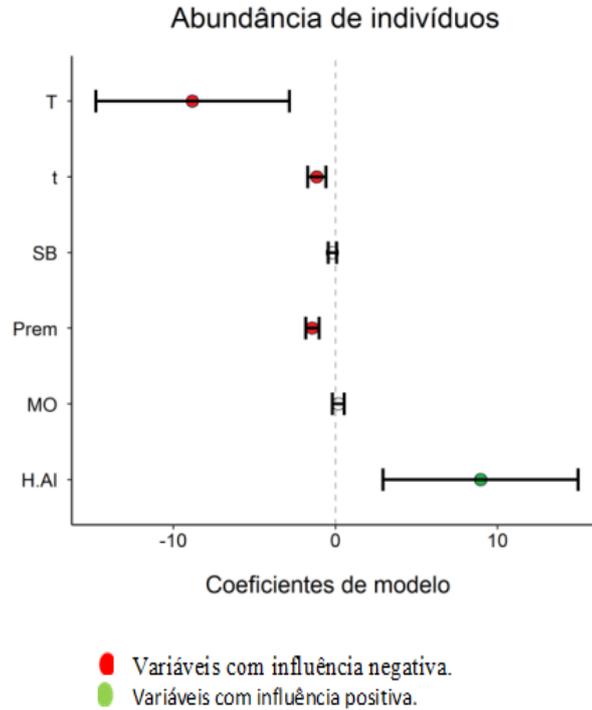


Legenda: MO (matéria orgânica), t (capacidade de troca catiônica efetiva), SB (Soma de Bases), T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0), H+Al (Hidrogênio mais Alumínio), K (Potássio), Prem (Fósforo remanescente), V (Índice de Saturação de Bases), Fe (Ferro), pH (Potencial Hidrogeniônico), Al (Alumínio), B (Boro), Ca (Cálcio), Mn (Manganês), S (enxofre), Cu (Cobre), Zn (Zinco).

De acordo com os resultados do PCA, foram selecionadas para o modelo as seguintes variáveis: H+Al (Hidrogênio mais Alumínio), o silte, a argila, a MO (matéria orgânica), SB (Soma de Bases Trocáveis), Zn (zinco), P (fosfóro), K (potássio), Ca (cálcio), T (Capacidade de troca Catiônica a pH 7,0), t (capacidade de troca catiônica efetiva), o P-rem (fosfóro remanescente), V (Índice de Saturação de Bases) e o Fe (ferro).

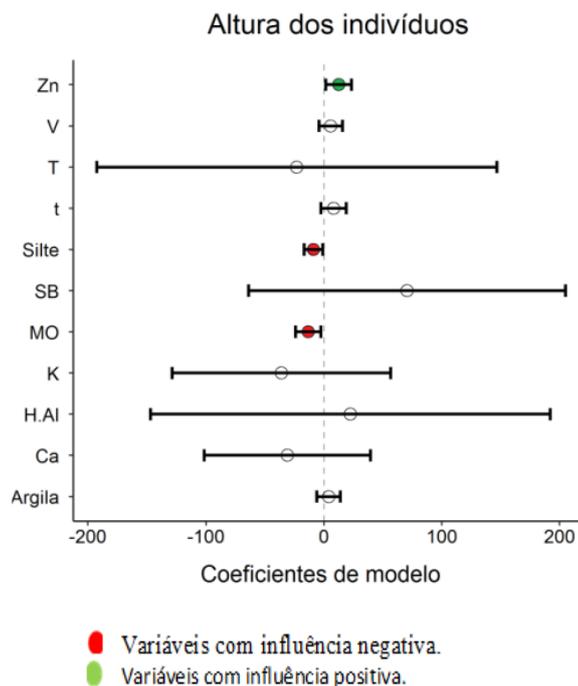
Os elementos que predisseram o número de indivíduos de *L. pinaster* e foram significativos são de maneira negativa o T, t e o Prem e de maneira positiva o H+Al, em Itumirim e Carrancas (Gráfico 11).

Gráfico 11 – Abundância (Indtot) em relação as variáveis (padronizadas) selecionadas nos melhores modelos (T, t, Prem e H+Al) nas áreas de Itumirim e Carrancas.



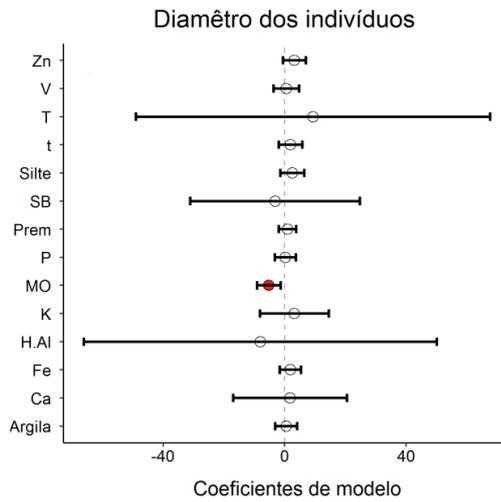
Observou-se que os nutrientes (Gráfico 12) que mais influenciaram a altura foram o Zn de maneira positiva e de maneira negativa o silte e a Matéria orgânica (MO) em Itumirim e Carrancas.

Gráfico 12 – Altura em relação as variáveis (padronizadas) selecionadas nos melhores modelos (Silte, MO, Zn) nas áreas de Itumirim e Carrancas.



As variáveis que influenciaram o diâmetro ao nível do solo foram de forma negativa a MO na área de Itumirim e Carrancas (Gráfico 13).

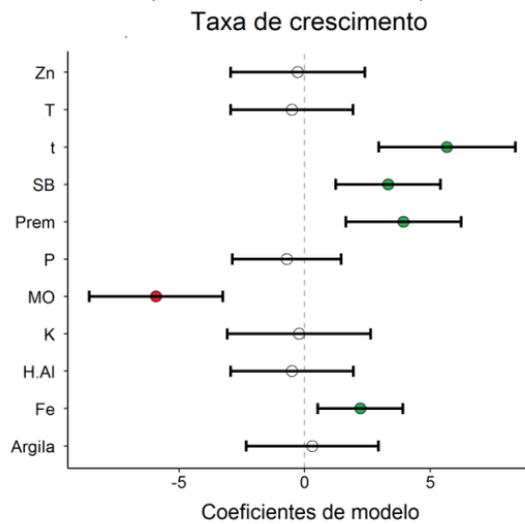
Gráfico 13 – Diâmetro ao nível do solo (DNS) em relação às variáveis (padronizadas) selecionadas nos melhores modelos (MO) nas áreas de Itumirim e Carrancas.



● Variáveis com influência negativa.
● Variáveis com influência positiva.

As variáveis SB, t, Prem e Fe afetaram positivamente a taxa de crescimento, enquanto a MO afetou negativamente nas áreas de Carrancas e Itumirim (Gráfico 14).

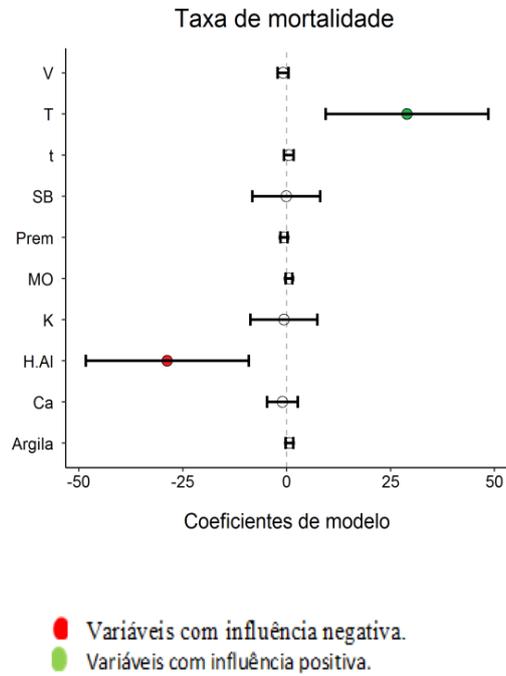
Gráfico 14 – Taxa de crescimento (txcr) em relação às variáveis (padronizadas) selecionadas nos melhores modelos (Fe, MO, SB, t, Prem) nas áreas de Itumirim e Carrancas.



● Variáveis com influência negativa.
● Variáveis com influência positiva.

A taxa de mortalidade foi influenciada positivamente pelo T, e negativamente pelo teor de H+Al na área de Itumirim e Carrancas (Gráfico 15).

Gráfico 15 – Taxa de mortalidade (txM) em relação às variáveis (padronizadas) selecionadas nos melhores modelos (H+Al e T) nas áreas de Itumirim e Carrancas.



A taxa de recrutamento aumenta com o aumento de t e Prem em Carrancas e em Itumirim (Gráfico 16).

Gráfico 16 – Taxa de recrutamento (txR) em relação à variável (padronizada) selecionada nos melhores modelos (t e Prem) nas áreas de Itumirim e Carrancas.

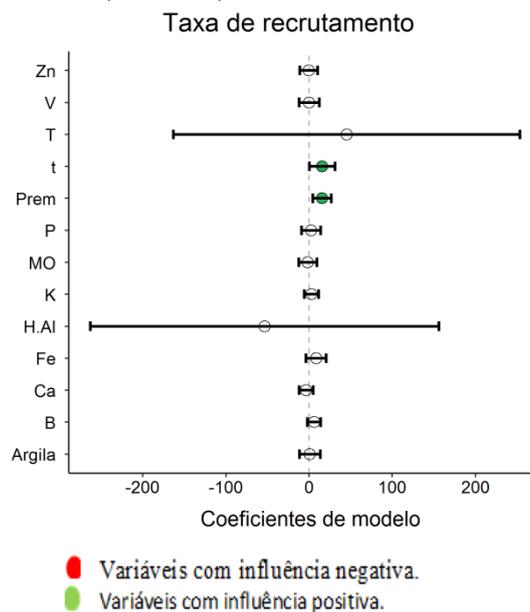


Tabela 5 - Avaliação da influência dos atributos do solo na abundância, diâmetro médio ao nível do solo (Diâmetro), altura, taxa de crescimento (Tx crescimento), taxa de mortalidade (Tx Mortalidade) e taxa de recrutamento (Tx Recrutamento) nos indivíduos de *L. pinaster* na área de Carrancas.

Carrancas e Itumirim												
Preditor	Abundância		Diâmetro		Altura		TxCrescimento		TxMortalidade		TxRecrutamento	
	Coef	p-valor	Coef	p-valor	Coef	p-valor	Coef	p-valor	Coef	p-valor	Coef	p-valor
Fe			1.921	0.284			2.214	0.0106*			8.528	0.173
MO	0.179	0.333	-5.173	0.0089*	-13.341	0.0146*	-5.920	0.00001*	0.566	0.178	-1.461	0.793
Zn			3.230	0.093	12.595	0.0241*	-0.278	0.838			-0.216	0.968
Ca			1.779	0.852	-31.011	0.388			-1.022	0.590	-3.484	0.413
t	-1.147	0.000065*	1.933	0.329	8.261	0.133	5.667	0.00004*	0.548	0.349	15.865	0.04338*
SB	-0.189	0.146	-3.108	0.828	70.563	0.303	3.323	0.00177*	-0.092	0.982		
T	-8.808	0.0038*	9.380	0.752	-22.955	0.791	-0.507	0.684	28.949	0.00376*	45.283	0.670
H+Al	8.951	0.00357*	-7.990	0.788	22.495	0.795	-0.501	0.687	-28.753	0.00408*	-53.468	0.617
K			3.219	0.578	-35.833	0.448	-0.228	0.876	-0.665	0.871	2.860	0.513
Argila			0.537	0.771	4.069	0.426	0.305	0.820	0.698	0.144	0.938	0.883
Prem	-1.422	< 2e-16*	0.970	0.507			3.935	0.00077*	-0.630	0.131	15.578	0.00609*
Silte			2.525	0.210	-8.826	0.0307*						
V			0.581	0.785	5.901	0.246			-0.853	0.199	0.145	0.981
P			0.251	0.888			-0.712	0.519			2.510	0.668
B											6.045	0.140
R2m	0.364		0.238		0.164		0.454		0.236		0.304	
R2c	0.352		0.262		0.719		0.454		0.344		0.687	

Legenda: MO (matéria orgânica), t (capacidade de troca catiônica efetiva), SB (Soma de Bases), T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0), H+Al (Hidrogênio mais Alumínio), K (Potássio), Prem (Fósforo remanescente), V (Índice de Saturação de Bases). R2m (coeficiente de variação são com as variáveis fixas), R2c (coeficiente de variação com as variáveis fixas e as aleatórias).

* = $p < 0,05$

9. Discussão

9.1 Distribuição espacial

A distribuição dos organismos na natureza, geralmente é da forma agregada (BROWER & ZAR, 1984). As principais atribuições para uma distribuição agregada, segundo RICKLEFS (2003) é a distribuição agregada dos recursos, a predisposição em formar grupos e as tendências da prole em ficar próximas aos progenitores. Segundo HAY et al. (2000), existem alguns fatores causais que podem direcionar as várias formas de distribuição não aleatória que são: fatores ambientais (intensidade de luz, pH, disponibilidade de água); reprodutivos (em decorrência da forma de reprodução ou dispersão de diásporos); sociais, devido ao comportamento inato (territorialismo) e as interações intraespecíficas (competição).

As manchas de habitat nos afloramentos rochosos podem contribuir com a formação agregada das espécies, pois essas manchas podem apresentar “nurse objects” como as rochas, mantendo um microambiente mais favorável para o crescimento da espécie, pois há a proteção contra o fogo (MUNGUÍA-ROSAS & SOSA, 2007). A espécie *L. pinaster* possui alta produção de sementes e tem dispersão por barocoria (CAMPOS, 2014), o que contribui para que a chuva de sementes seja próxima aos progenitores, dessa maneira também contribuindo para uma distribuição agregada dos indivíduos.

9.2 Estrutura e dinâmica das populações

As condições ambientais não só influenciam a distribuição das espécies como também influenciam a sua abundância. Na abrangência geográfica de uma população, o clima, o relevo, o solo, a estrutura vegetacional e outros fatores influenciam na abundância populacional (RICKLEFS, 2003).

Nas populações de Carrancas e Itumirim a abundância dos indivíduos *L. pinaster* mostrou-se maior nas classes de menores diâmetros (0 a 60 mm) e, possivelmente, de indivíduos jovens, e uma menor abundância dos indivíduos com diâmetros maiores (60 a 140 mm) tal resultado demonstra um padrão J-invertido da população. A mortalidade encontrada também se apresentou em maior número em indivíduos de menor diâmetro (0 a 60 mm). Isso confirma a segunda hipótese de que há uma maior abundância nas classes de menor diâmetro e a mortalidade está ligada a seleção ambiental reduzindo os números nas classes superiores de tamanho.

Esses eventos podem se relacionar com a configuração do habitat em que a espécie sobrevive, pois o campo rupestre é formado por “micro-habitat” distintos. Na população de Itumirim e Carrancas as classes com menor diâmetro e altura foram encontradas sobre os solos com gramíneas e subarbustos, devido, provavelmente, ao fato do solo ser mais propício para germinação e ter maior umidade. No entanto, tal ambiente não oferece proteção contra o fogo, muito pelo contrário, a presença de estrato herbáceo-graminoso nessas áreas favorece incêndios. Logo, poucos indivíduos jovens nessas condições chegam ao estágio adulto reprodutivo. Assim, embora haja muitos indivíduos com menores diâmetros e altura nas áreas de solo, há poucos indivíduos maiores, indicando uma baixa sobrevivência em longo prazo, provavelmente ligada a eventos de fogo (NEVES; CONCEIÇÃO, 2010). Entretanto, nas áreas de rocha e fenda de rocha há um número maior de indivíduos em classes de maior diâmetro de (60 a 140 mm), o que indica uma maior sobrevivência nesse local, permitindo os indivíduos atingirem maiores tamanhos, o que pode estar relacionado com a proteção contra o fogo. O resultado confirma a terceira hipótese que há maior número de indivíduos de menor diâmetro nas áreas de solo e um maior número de indivíduos de maior diâmetro nas áreas de rocha e fenda de rocha.

Embora tenha sido encontrada diferença na distribuição dos indivíduos por classe de tamanho entre os tipos de substrato na área de Itumirim, em Carrancas esse resultado não foi encontrado. O que significa que em Itumirim há uma maior proporção de indivíduos maiores nas fendas de rocha e rocha, mas em Carrancas essa proporção é semelhante. Uma hipótese para tal distribuição seria que em Itumirim houve mais eventos de fogo.

Os dados de dinâmica mostraram que o recrutamento foi maior nas classes de indivíduos com menor diâmetro (0 a 60 mm) nas duas áreas. A mortalidade é maior nas menores classes, porém é muito menor do que o recrutamento. Isto pode estar relacionado com a ausência da passagem de fogo no período que os dados foram amostrados, pois o fogo aumenta muito a mortalidade e depois do fogo há o aumento do recrutamento. O padrão J-invertido das populações pode também estar relacionado com o maior recrutamento e menor mortalidade, demonstrando uma maior abundância nas classes de menor diâmetro. A taxa de mortalidade também apresentou maior valor nas classes de menor diâmetro em relação às classes de maior diâmetro, confirmando a quarta hipótese, de que a taxa de mortalidade é maior entre os indivíduos possivelmente mais jovens, pois há maior competição com as espécies herbáceas.

Há de se considerar que não houve incêndios nas áreas em questão no periódico avaliado, o que possivelmente refletiu na mortalidade que foi semelhante entre todos os tipos

de substrato nas duas áreas, porém espera-se que, com a ocorrência de eventuais incêndios, a mortalidade seja maior no solo que nas áreas protegidas pelas rochas. A ausência de fogo nessas regiões contribuiu com uma maior taxa de recrutamento e a menor taxa de mortalidade, pois o fogo afeta a reprodução sexuada, a reprodução vegetativa, o estabelecimento de espécies, o tamanho do indivíduo, o crescimento e a mortalidade (HOFFMANN, 1999). Sendo assim, o fogo pode também contribuir com a distribuição dos indivíduos nos diferentes tipos de substrato, nas taxas de recrutamento muito mais elevadas que as taxas de mortalidade e recrutamento mais intenso nas áreas de solo.

9.3 Variáveis ambientais

Oliveira Júnior et al., 2006 em uma avaliação do crescimento, a massa seca da parte aérea e da raiz sob os efeitos da calagem e adubação da espécie *Lychnophora pinaster*, concluíram que a arnica é uma espécie, como outras de cerrado (Goldland & Ferri, 1979), adaptada a altos teores e saturações de Al. Além disso, esses autores encontraram que a espécie *L. pinaster* não é uma planta exigente em macronutrientes e possui alta exigência dos micronutrientes Zn (Zinco) e Mn (Manganês). Porém, no presente estudo, o aumento da taxa de crescimento foi associado à maior disponibilidade de nutrientes, ou seja, ao aumento da soma de bases, da troca catiônica efetiva e do fósforo remanescente. A soma de bases representa a soma dos cátions Ca, Mg e K, que são nutrientes importantes para o desenvolvimento da planta. Também o fósforo é fundamental para isso (MALAVOLTA, 1989). A capacidade de troca catiônica efetiva é a capacidade do solo de trocar esses cátions, o que contribui com a mobilidade dos nutrientes (RONQUIM, 2010). Assim, nossos resultados indicam que, embora tolerante condições de baixa fertilidade e alta presença de alumínio, *L. pinaster* responde positivamente a condições nutricionais melhores.

A relação positiva dos teores de Fe e negativa dos teores de matéria orgânica (MO) com o crescimento são mais difíceis de serem explicados. O Fe é um micronutriente e o seu aumento pode ser tóxico para as plantas, porém em doses adequadas contribui com o desenvolvimento das mesmas (FAQUIN, 2005). A relação negativa dos teores de MO e crescimento pode ser espúria. Uma possibilidade é que os teores de MO sejam mais altos nas parcelas com um estrato gramíneo mais denso e isso pode estar levando a uma redução do crescimento devido à competição com o mesmo.

A taxa de recrutamento, em acordo com a taxa de crescimento, também parece estar respondendo à disponibilidade de nutrientes, haja vista a sua relação positiva com o fósforo remanescente e a troca catiônica efetiva.

Entretanto, a abundância, a altura, o diâmetro e a taxa de mortalidade não foram bem explicados pelos modelos, o que pode estar relacionado com a escala que foi coletado o solo. A escala de distribuição dos micro-habitat nos campos rupestres é bem fina, em outras palavras, possivelmente cada indivíduo recruta, cresce ou morre dependendo fortemente do micro-habitat onde está. Possivelmente, a escala em que coletamos os solos na área impediu uma análise mais precisa desses processos, ou seja, do efeito dessas variáveis no porte das plantas e nos processos de crescimento, recrutamento e mortalidade. Idealmente essa análise deveria ser feita em pequenas parcelas ou mesmo em nível de indivíduos.

10. Conclusão

As áreas de Itumirim e Carrancas demonstram um padrão agregado de distribuição da espécie *L. pinaster* e um padrão J invertido nas populações, onde há maior abundância nas classes de menor diâmetro e altura. As taxas de recrutamento foram muito mais elevadas que as taxas de mortalidade contribuindo para uma distribuição claramente em J-invertido. Uma maior abundância de indivíduos nas classes de menor diâmetro foi encontrada no solo e indivíduos com maior diâmetro encontrados na rocha e fenda de rocha. Esse padrão pode ter sido influenciado devido ao micro-habitat formado pelos afloramentos rochosos. A ausência de fogo durante a amostragem dos dados contribui com uma taxa de recrutamento maior no solo e uma taxa de mortalidade semelhante nos diferentes tipos de substratos.

A taxa de crescimento e a taxa de recrutamento foram explicadas pelos modelos de forma que a SB , t , $Prem$ e Fe foram influenciadas de forma positiva. Entretanto a abundância, a altura, o diâmetro e a taxa de mortalidade não foram explicados pelos modelos, para os próximos estudos sugere que sejam realizadas coletas de solo em menores escalas e analisadas outras variáveis ambientais como a quantidade de água e a competição.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVAREZ, V. H. et al. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 25, n.1, p.27-32, 2000.
- ALVES, R. J. V.; KOLBEK, J. Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (Campo Rupestre) in Brazil. **Plant ecology**, v. 113, n. 2, p. 125-139, 1994.
- ALVES, R. J. V. et al. Circumscribing campo rupestre–megadiverse Brazilian rocky montane savanas. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 2, p. 355-362, 2014.
- APPOLINÁRIO, V.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; GUILHERME, F. A. G. Tree population and community dynamics in a Brazilian tropical semideciduous forest. **Brazilian Journal of Botany**, v. 28, n. 2, p. 347-360, 2005.
- AQUINO, F. de G.; WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F.. Dinâmica de populações de espécies lenhosas de Cerrado, Balsas, Maranhão. **Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2007.
- BARBOUR, M. G. et al. **Terrestrial plant ecology**. Benjamin/Cummings, 1980.
- BATES D., MAECHLER M., BOLKER B., WALKER S. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. **R package version**, v. 1, n. 7, p. 1-23, 2014.
- BENITES, V. de M. et al. Solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Floresta e ambiente**, v. 10, n. 1, p. 76-85, 2003.
- BUENO, A. P. et al. Edaphically distinct habitats shape the crown architecture of *Lychnophora ericoides* Mart.(Asteraceae) on tropical mountaintops. **Plant Ecology**, p. 1-12, 2017.
- BURNHAM K. P., ANDERSON D. R. Kullback-Leibler information as a basis for strong inference in ecological studies. **Wildl Res** 28, p. 111–119, 2001.
- BROWER, J. E.; ZAR, J. H. Biotic sampling methods. **Field and laboratory methods for general ecology**. Iowa: Wm. C. Brown, p. 65-105, 1984.
- CAMPOS, F. C. C. Ecologia reprodutiva de *Lychnophora pinaster* Mart. (ASTERACEAE). (2014). Tese de Doutorado (Dissertação) – Universidade Federal de Lavras, 149 p. 2014.
- CARVALHO, D. A. Flora fanerogâmica de campos rupestres da Serra da Bocaina, Minas Gerais: caracterização e lista de espécies. **Ciência e Prática**, Lavras, v.16, n.1, p.97-122, 1992.
- CARVALHO, D. A. et al. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombrófila alto Montana as margem do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v.19, n.1, p. 91-109, 2005.

COILE, N. C.; JONES, S. B. *Lychnophora* (Compositae: Vernoniae), a genus endemic to the Brazilian Planalto. **Brittonia**, v. 33, n. 4, p. 528-542, 1981.

CONCEIÇÃO, A. A. et al. Campos rupestres. Biodiversidade e Conservação da Chapada Diamantina. **Biodiversidade**, 13, 153-180, 2005.

CONCEIÇÃO, A. A.; GIULIETTI, A. M. Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Hoehnea**, v. 29, n. 1, p. 37-48, 2002.

CONCEIÇÃO, A. A.; PIRANI, J. R. Diversidade em quatro áreas de campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: espécies distintas, mas riquezas similares. **Rodriguésia**, p. 193-206, 2007.

COPAM-CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL, Lista das espécies ameaçadas de extinção da flora do Estado de Minas Gerais. **Deliberação COPAM**, v. 85, p. 97, 1997.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial. **Brasília: Ministério do Meio Ambiente**, 2011.

DA CUNHA LIMA, J. P.; LEÃO, J. R. A.. Dinâmica de crescimento e distribuição diamétrica de fragmentos de florestas nativa e plantada na Amazônia sul ocidental. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 1, p. 70-79, 2018.

DINIZ, E. S.; PAVANELLI, A. P.; SOARES JÚNIOR, F. J. Estrutura populacional de *Lychnophora pinaster* Mart. em um trecho de campo rupestre no sul de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisas. Botânica**, v. 61, p. 191-204, 2010.

DRUMMOND, R. A. R.; ALVES, R. J. V.; KOSCHNITZKE, C. Melastomataceae da Serra de São José, Minas Gerais. **Revista de Biologia Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 12, 2007.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005.

FOURNIER L. A. UN MÉTODO CUANTITATIVO PARA LA MEDICIÓN DE CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS EN ÁRBOLES. **TURRIALBA** 24:422-423, 1974.

GIULIETTI, A.M.; PIRANI, J.R. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brasil. *Acad. Brasil. Ciências*, p.39-69.

GIULIETTI, A.M.; PIRANI J. R.; HARLEY R. M. Espinhaço range region. Eastern Brazil. In: S.D. Davis, V.H. Heywood, O. Herrera-MacBryde, J. Villa-Lobos & A.C. Hamilton (eds). Centres of plant diversity. A guide and strategies for the conservation, **The Americas**, v. 3, p. 397-404, 1997.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química nova**, v. 30, n. 2, p. 374, 2007.

GOODLAND, R.J.A; FERRI M.G. **Ecologia do cerrado**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo. 193p. (Reconquista do Brasil, v. 52), 1979.

HAY, J. D. V. et al. Comparação do padrão da distribuição espacial em escalas diferentes de espécies nativas do cerrado, em Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica** 23: 341-347, 2000.

HESS, A. F. et al. Manejo de floresta ombrófila mista pelo método de liocourt, município de Painel, SC. **Cerne**, v. 20, n. 4, 2014.

HIGUCHI, P. et al. Dinâmica da comunidade arbórea em um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Minas Gerais, em diferentes classes de solos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 417-426, 2008a.

HIGUCHI, P. et al. Spatio-temporal patterns of tree community dynamics in a tropical forest fragment in South-east Brazil. **Plant Ecology**, Nova York, v. 199, n. 1, p. 125-135, 2008b.

HOFFMANN, W. A. Fire and population dynamics of woody plants in a neotropical savanna: matrix model projections. **Ecology**, v. 80, n. 4, p. 1354-1369, 1999.

HUGHES, F. M. et al. Spatio-temporal dynamics of *Melocactus ernestii* subsp. *ernestii* (Cactaceae) in northwestern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 34, n. 3, p. 389-402, 2011.

HUTCHINGS, M. J. The structure of plant populations. **Plant Ecology**, 2^o ed, p. 325-358, 1997.

KORNING, J.; BALSLEV, H. Growth and mortality of trees in Amazonian tropical rain forest in Ecuador. **Journal of Vegetation Science**, v. 5, n. 1, p. 77-86, 1994.

KREBS, C. J. et al. **Ecological methodology**. New York: Harper & Row, 1989.

LARSON, D. W.; MATTHES, U.; KELLY, P. E. Cliff ecology: pattern and process in cliff ecosystems. **Cambridge University Press**, 2005.

LIMA-RIBEIRO, M. S.; PRADO, E. C. Distribuição espacial de uma população de *Vernonia aurea* Mart. ex DC. (Asteraceae) em um fragmento de cerrado no município de Caiapônia, GO, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 23, p. 81-89, 2007.

LIEBERMAN, D. et al. Mortality patterns and stand turnover rates in a wet tropical forest in Costa Rica. **The Journal of Ecology**, p. 915-924, 1985.

MALAVOLTA, E. Função dos nutrientes na planta e qualidade dos produtos agrícolas. In: **Simpósio sobre adubação e qualidade dos produtos agrícolas**, 1, Ilha Solteira, 1989. Anais, Ilha Solteira, FEIS/UNESP/ANDA/POTAFOS, 42p. 1989.

MANSANARES, M. E.; FORNI-MARTINS, E. R.; SEMIR, J. Chromosome numbers in the genus *Lychnophora* Mart. (*Lychnophorinae*, *Vernonieae*, *Asteraceae*). **Caryologia**, v. 55, n. 4, p. 367-374, 2002.

- MANSANARES, M. E. et al. **Estudo citotaxonômico de espécies do gênero *Lychnophora* Mart.(Asteraceae: Vernoniae: Lychnophorinae).** (2004). Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas - Instituto de Biologia, Campinas, SP. 2004.
- MELO, L. Q. **Estratégias para conservação ex situ de arnica (*Lychnophora ericoides* Less.).** Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2006.
- MELO, P. R. B. et al. Seed germination of arnica (*Lychnophora pinaster* Mart) stored at different conditions. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 75-82, 2007.
- MORISITA, Masaaki. Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. **Memoirs of the Faculty of Science. Kyushu University. Series A.**, v. 2, n. 21, p. 5-23, 1959.
- MUNGUÍA-ROSAS, M. A.; SOSA, V. J. Nurse plants vs. nurse objects: effects of woody plants and rocky cavities on the recruitment of the *Pilosocereus leucocephalus* columnar cactus. **Annals of Botany**, v. 101, n. 1, p. 175-185, 2007.
- NEVES, S. P. S.; CONCEIÇÃO, A. A. Campo rupestre recém-queimado na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: plantas de rebrota e sementes, com espécies endêmicas na rocha. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 697-707, 2010.
- ODUM, E. P. W. et al. **Fundamentos de ecologia**, 5ªed., 2006.
- OLIVEIRA FILHO, A. T. et al. Dinâmica da comunidade e populações arbóreas da borda e interior de um remanescente florestal na Serra da Mantiqueira, Minas Gerais, em um intervalo de cinco anos (1999-2004). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 1, p. 149-161, 2007.
- OLIVEIRA JÚNIOR, A. C. de; FAQUIN, V.; PEREIRA, J. E. B. Calagem, adubações orgânica e mineral no crescimento de mudas de arnica. **Horticultura Brasileira**. vol.24 no. 3, Brasília, 2006.
- POOLE, R. W. **An introduction to quantitative ecology**. New York: Mc Craw-Hill, 1974.
- NETO, R. M. As paisagens quartzíticas do planalto do alto Rio Grande: relações entre rocha-relevo-solo-vegetação na Serra de Carrancas (MG). **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 41, 2012.
- R core Team. A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>, 2017.
- RAPINI, A. et al. A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1-2, p. 16-24, 2008.
- REIS, G. H. et al. Asteraceae dos Campos Rupestres das Serras da Bocaina e de Carrancas, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia-Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 66, n. 3, p. 829-845, 2015.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. **Embrapa Cerrados-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 1998.

RIBEIRO, K. T.; MEDINA, B. M. O.; SCARANO, F. R.. Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SE-Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, n. 4, p. 623-639, 2007.

RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**. 5a ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, cap.14, 2003.

RODRIGUES, V. E. G.; CARVALHO, D. A. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais no domínio do cerrado na região do Alto Rio Grande–Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 1, p. 102-123, 2001.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, v.8, 26 p., 2010.

SAKAI, S. et al. Plant reproductive phenology over four years including an episode of general flowering in a lowland dipterocarp forest, Sarawak, Malaysia. **American Journal of Botany**, v. 86, n. 10, p. 1414-1436, 1999.

SALAMI, B. et al. Influência de variáveis ambientais na dinâmica do componente arbóreo em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lages, SC. **Scientia Florestalis**, v. 42, n. 102, p. 197-207, 2014.

SEMIR, J. et al. Revisão taxonômica de *Lychnophora* Mart.(Vernoniaeae: Compositae). 1991. SHEIL, D.; BURSLEM, D. F. R. P.; ALDER, D. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. **Journal of Ecology**, p. 331-333, 1995.

SHEIL, D.; MAY, R. M. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. **Journal of ecology**, p. 91-100, 1996.

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, n. 6, p. 865-882, 2000.

SILVA, S. M. P. **Aspectos da fenologia e da reprodução sexuada da arnica (*Lychnophora pinaster* Mart.) Asteraceae**. (1994) Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994.

SILVA, A. C. et al. Dinâmica de uma comunidade arbórea após enchente em fragmentos florestais no sul de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 883-893, 2011.

SILVA, P. S. S. Caracterização da diversidade genética e composição química de ***Lychnophora pinaster* MART.** (2016). Tese de Doutorado. Universidade Estadual de São Paulo. Agronomia – Horticultura/FCA. 2016.

SILVERTOWN, J. Introduction to plant population biology. John Wiley & Sons, 2º ed., 1987. SIMÕES, A. O. E; KINOSHITA L. S. The Apocynaceae s. str. of the Carrancas Region, Minas Gerais, Brazil, **Darwiniana**, 40(1-4): 127-169, 2002.

SIMON, M. F. et al. Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 48, p. 20359-20364, 2009.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry: the principles and practice of statistics in biological research**. 3^o ed. New York: WH Freeman Company, 1994.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry: the principles and practice of statistics in biological research**, 2^o ed, 1981.

SÜHS, R. B.; BUDKE, J. C. Spatial distribution, association patterns and richness of tree species in a seasonal forest from the Serra Geral formation, southern Brazil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 25, n. 3, p. 605-617, 2011.

SPIEGEL, M. P. **Estatística**. McGraw-Hill, São Paulo, 1976.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. Artmed Editora, 2009.

VASCONCELOS, M. F. de. O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do Leste do Brasil?. **Brazilian Journal of Botany**, v. 34, n. 2, p. 241-246, 2011.

WATKINSON, A. R. Plant population dynamics. **Plant Ecology**, 2^o ed, p. 359-400, 1997.