



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO (PPGEC)**

GYSLAYNNE GOMES DA SILVA COSTA

**MORFOLOGIA DA ARQUITETURA DE COPA DE *Poincianella pyramidalis* (TUL)
L.P. QUEIROZ EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO
VEGETAL**

CAMPINA GRANDE – PB

2016

GYSLAYNNE GOMES DA SILVA COSTA

**MORFOLOGIA DA ARQUITETURA DE COPA DE *Poincianella pyramidalis* (TUL)
L.P. QUEIROZ EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO
VEGETAL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual da Paraíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação para obtenção do Título de Mestre.

Orientadora: Prof^a Dr^a Dilma Maria de Brito
Melo Trovão

Co-orientador: Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes

**CAMPINA GRANDE – PB
2016**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

C837m Costa, Gyslayne Gomes da Silva.
Morfologia da arquitetura de copa de *Poincianella pyramidalis* (tul) L.p. Queiroz em diferentes estádios de desenvolvimento vegetal [manuscrito] / Gyslayne Gomes da Silva Costa. - 2016.
36 p. : il.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2016.

"Orientação: Profa. Dra. Dilma Maria de Brito Melo Trovão, Departamento de Ciências Biológicas".

"Co-Orientação: Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes, Departamento de Ciências Biológicas".

1. Crescimento vegetal. 2. *Poincianella pyramidalis* (Tul) L. P. Queiroz. 3. Ramificação. 4. Ecologia vegetal. I. Título.

21. ed. CDD 581.7

GYSLAYNNE GOMES DA SILVA COSTA

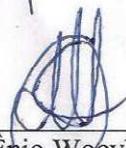
**MORFOLOGIA DA ARQUITETURA DE COPA DE *Poincianella*
pyramidalis (TUL) L.P. QUEIROZ EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE
DESENVOLVIMENTO VEGETAL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual da Paraíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação para obtenção do Título de Mestre.

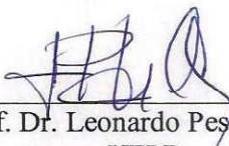
Aprovada em 15 / 04 / 2016



Prof.ª Dr.ª Dilma Maria de Brito Melo Trovão
UEPB



Prof. Dr. Ênio Woclyli Dantas
EUPB



Prof. Dr. Leonardo Pessoa Felix
UFPB

Dedico á Deus e aos meus pais por sempre me apoiarem e cuidarem de mim em todos os momentos da minha vida. Vocês sempre foram os meus maiores incentivadores!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela coragem e força de ir até o fim.

A professora Dilma Trovão, pela valiosa orientação, confiança, apoio e carinho.

Ao professor Sérgio de Faria pela orientação estatística e valiosas contribuições científicas que foram fundamentais no desenvolvimento deste trabalho. Obrigada pela disponibilidade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, incluindo funcionários e docentes que contribuíram de forma direta ou indireta para minha formação.

A CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao colega Marcos Júnior pela contribuição científica, paciência no repasse de conhecimentos metodológicos da pesquisa e ajuda nas coletas de campo.

A colega Katyanne pela parceria nas coletas de campo, análise de dados e pelas trocas de conhecimentos. Obrigada pelo apoio na árdua missão de construção das redes de nós e conectores.

As colegas Raianne e Ana por também ajudarem na coleta dos dados. A contribuição de vocês foi muito importante.

Com muito carinho, ao Sr. Albérís e D. Socorro, pela acolhida atenciosa e carinhosa em sua casa durante as coletas de campo.

Ao mateiro seu Dida pela importante contribuição nas coletas de campo.

Aos meus pais Gilene e Geraldo, por todo o incentivo, dedicação, amor e apoio na minha formação acadêmica e como pessoa. Vocês são os responsáveis por todas as minhas conquistas.

A minha irmã Gysleyne por todo companheirismo, carinho e cuidado dedicados a mim durante toda nossa vida juntas. Muito abrigada pelas contribuições na realização deste trabalho.

A minha irmã Marya Laura pelo companheirismo, carinho e resenhas. Obrigada por fazer meus dias mais felizes.

Ao meu namorado Bruno, pelo companheirismo, apoio, paciência e amor. Você foi muito importante nesta etapa da minha vida.

Aos colegas do curso de Mestrado em Ecologia e Conservação por todos os conhecimentos e momentos compartilhados.

Enfim, a todos que torceram e contribuíram de forma indireta pela concretização deste sonho.

RESUMO

O estudo da arquitetura de copa de espécies com adaptações morfológicas, fisiológicas e anatômicas às condições de ambientes de climas áridos pode trazer o entendimento da dinâmica do crescimento de indivíduos nestes ambientes. Este trabalho teve como objetivo representar a arquitetura da copa de *Poincianella pyramidalis* (Tul) L.P. Queiroz, através de uma rede formada por nós e conectores, no intuito de mostrar diferenças entre indivíduos em diferentes estádios de desenvolvimento vegetal. A pesquisa foi desenvolvida em um fragmento florestal localizado no município de Barra de Santana-PB no semiárido brasileiro. Uma rede composta por nós e conectores representou a copa de cinco indivíduos em três estádios de desenvolvimento: juvenil, intermediário e adulto. A altura e diâmetro ao nível do solo dos indivíduos foi o critério utilizado para estabelecer os estádios de desenvolvimento vegetal. Os indivíduos adultos apresentaram os maiores valores de nós e conectores e maiores distâncias entre os nós indicando maior complexidade da copa em relação aos indivíduos jovens e intermediários. Os tipos de nós que ocorreram com maior frequência em todos os indivíduos nas três categorias estudadas foram os nós finais e nós regulares. As variáveis alturas e diâmetro ao nível do solo dos indivíduos mostraram correlação positiva com os valores dos parâmetros de arquitetura. Portanto, esta espécie não mantém um padrão na arquitetura da copa durante o seu desenvolvimento, apresentando modelos diferenciados de arquitetura de copa entre as plantas jovens e adultas evidenciando características adaptativas às condições de competição por recursos.

Palavras-chave: crescimento vegetal, semiárido, ramificação.

ABSTRACT

The canopy architecture study of species with morphologic, physiological and anatomical conditions of arid climates environments can bring understanding of the dynamics of growth of individuals in these environments. This study aimed to represent the architecture of the *Poincianella pyramidalis* (Tul) L.P. Queiroz canopy, through a network of knots and connectors, in order to show differences between individuals at different stages of plant development. The research was conducted in a forest fragment located in the city of Barra de Santana-PB in the Brazilian semi-arid region. A network of knots and connectors represented the tree canopy of five individuals in three developmental stages: young, intermediate and adult. The height and diameter at ground level of the individuals was the criteria used to establish the plant developmental stages. The adult trees showed the highest values of knots and connectors and longer distances between knots indicating greater complexity of the tree canopy compared to young and intermediate trees. The knot types that occurred more frequently in all subjects in the three categories studied were the final and regular knots. The variable heights and diameter at ground level of individuals showed a positive correlation with the values of the architectural parameters. Therefore, this species does not maintain a standard in canopy architecture during its development, with different models of canopy architecture among young and adult plants showing adaptive features to the conditions of competition for resources.

Keywords: plant development, semi-arid, branching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1:** Localização do município de Barra de Santana no estado da Paraíba (NE, Brasil), inserida na Microrregião do Cariri Oriental. 20
- Figura 2:** Esquema gráfico apresentando os tipos de nós e diferentes distâncias analisadas. Distâncias: IF = número de conectores entre o nó inicial e cada nó final; IE = número de conectores entre o nó inicial e cada nó de emissão; FF = número de conectores entre nó final e o nó final vizinho; NE = número de conectores entre o nó regular (cada um deles) e o nó de emissão mais próximo (CAVALCANTI JÚNIOR, 2014). 22
- Figura 3:** Rede com nós e conectores de um indivíduo jovem de *Poincianella pyramidalis* (Tul) L.P. Queiroz 26
- Figura 4:** Rede com nós e conectores de um indivíduo de tamanho intermediário de *Poincianella pyramidalis* (Tul) L.P. Queiroz..... 27
- Figura 5:** Rede com nós e conectores de um indivíduo adulto de *Poincianella pyramidalis* (Tul) L.P. Queiroz 28
- Figura 6:** Ajustes dos Modelos Lineares Generalizados (MLG) indicando correlações positivas entre o diâmetro ao nível do solo (DNS) e nós regulares (NR) ($G = 18,10$; $p < 0,05$) (a), nós finais (NF) ($G = 20,12$; $p < 0,05$) (b), nós de emissão ($G = 17,35$; $p < 0,05$) (c) e o número de conectores (C) ($G = 18,98$; $p < 0,05$) (d) de 15 indivíduos de *Poincianella pyramidalis* (Tul) L.P. Queiroz em diferentes estádios de desenvolvimento crescidos naturalmente no ambiente de Caatinga..... 29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Médias e erro-padrão (\pm EP) das variáveis altura e diâmetro ao nível do solo (DNS) de quinze indivíduos de *Poincianella pyramidalis* (Tul) L.P. Queiroz em diferentes estádios de desenvolvimento, crescidos naturalmente em ambiente de Caatinga. 21

Tabela 2: Médias e erro-padrão (\pm EP) de número de conectores, diferentes tipos de nós obtidos nas redes formadas pelo caule e pelos ramos dos indivíduos em diferentes estádios de desenvolvimento (ED). Letras diferentes nas colunas significam diferença significativa dos conectores e diferentes tipos de nós entre os estágios ($p < 0,05$; Kruskal-Wallis)..... 24

Tabela 3: Médias e erro-padrão (\pm EP) das distâncias entre nós diferentes. Letras diferentes nas linhas significam diferença significativa ($p < 0,05$; Kruskal-Wallis). As distâncias entre os nós são: IF= do inicial para o final, IE= do nó inicial para os de emissão, FF= entre nós finais vizinhos e NE= de cada nó regular para um de emissão mais próximo. 25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Arquitetura de copas	15
2.2 Estratégias de crescimento de plantas	16
2.3 Espécie estudada	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1 Área de estudo	19
3.2 Desenho amostral e coleta dos dados	20
3.3 Nós e conectores que formam a rede de representação da estrutura aérea	21
3.4 Análises estatísticas	22
4 RESULTADOS	24
5 DISCUSSÃO	30
6 CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

O estudo da arquitetura de copa de plantas dá suporte a investigações variadas, relacionadas com estrutura e função das plantas, e diversas formas de representação da copa têm surgido (GODIN, 2000). Uma das representações de arquitetura considera a planta como um organismo modular, que é composta por diferentes tipos de componentes que se repetem, os quais estão ligados entre si e podem representar a forma de transferência de substâncias dentro da planta e o seu crescimento (GODIN, 2000). Uma rede composta por conectores e nós é útil na representação da estrutura de uma copa, sendo os nós os ramos parentais e os conectores os ramos que emergem dos nós e se estendem, e eles tem função de sustentação das folhas e órgãos reprodutivos, bem como no transporte de seiva bruta e multi-direcional (SOUZA et al., 2011).

A estrutura de uma copa está relacionada com processos fisiológicos, como a distribuição de água, incidência luminosa e a absorção e distribuição de carbono (SOUZA et al., 2011). Esses processos influenciam o desenvolvimento da planta nos estádios de desenvolvimento inicial, conduzindo o seu crescimento de acordo com as pressões ecológicas do ambiente (PORTELA; SANTOS, 2003). Segundo Weiner et al. (2009), a forma de crescimento da planta está diretamente ligada ao seu sucesso reprodutivo, sendo, portanto, um estudo de grande importância ecológica. Assim, a relação entre o tamanho e a forma de árvores, pode refletir estratégias adaptativas de uma espécie para captação de recursos ao longo do seu desenvolvimento (KING, 1990).

A definição da forma de uma planta envolve a interação de fatores diferentes. A base genética de uma determinada espécie é provavelmente influenciada pela ação de hormônios vegetais na definição da arquitetura da copa, que, além disso, é limitada pelas condições do ambiente em que a planta está inserida (BARTHÉLÉMY e CARAGLIO, 2007; REINHARDT e KUHLEMEIER, 2002; ZHANG et al., 2009). Em ambientes onde as espécies apresentam características de adaptações a fatores ambientais estressantes, como o déficit hídrico, o estudo da arquitetura de copa é importante para o entendimento da dinâmica de crescimento e as estratégias de sobrevivência utilizadas pelas plantas nestes ambientes, pois com o esboço da arquitetura dos indivíduos é possível buscar o entendimento de como uma espécie ajusta a sua forma de acordo com as possibilidades dadas pelo ambiente, para que a planta obtenha sucesso na captação de recursos.

Na vegetação da Caatinga, o clima quente e semiárido da região é o responsável por características das espécies, como caducifolia, suculência, acúleos e espinhos, pequeno porte e cobertura descontínua da copa (GIULIETTI et al., 2004; PRADO, 2003). *Poincianella pyramidalis* (Tul) L.P. Queiroz é uma espécie endêmica da Caatinga (QUEIROZ, 2009), com ampla distribuição no bioma, que mostra bastante adaptação às condições adversas do ambiente, sendo suas plântulas capazes de crescer em uma ampla faixa de variação de temperatura (LIMA et al., 2011).

De acordo com observações fenológicas de espécies lenhosas da Caatinga feita por Barbosa et al. (2003), *P. pyramidalis* foi classificada como uma espécie decídua que perde suas folhas no final da estação seca, permanecendo sem elas por um período de dois a três meses. Porém, em locais de maior umidade, foi verificado em observações pessoais do autor, que esta espécie se comportou como perenifólia, não perdendo as folhas (BARBOSA et al., 2003), o que demonstra a capacidade de aclimação da espécie para sobrevivência em diferentes condições ambientais.

Estudos estão sendo realizados para compreender a variação na arquitetura de copa e suas relações com o ambiente. Souza et al. (2011) verificaram que um conjunto de atributos estruturais da copa de árvores do Cerrado variam de acordo com o grupo fenológico, havendo uma diminuição no número de conectores e nós das espécies perenifólias para as decíduas. No entanto, relações de arquitetura de copa com estratégias de sobrevivência em diferentes fases do desenvolvimento vegetal, ainda não foram investigadas para estes ambientes. Diante disto, este trabalho buscou investigar estas relações de acordo com os objetivos descritos a seguir.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Caracterizar a arquitetura da copa de *Poincianella pyramidalis* (Tul) L.P. Queiroz, através de uma rede formada por nós e conectores, no intuito de mostrar diferenças entre indivíduos em diferentes estádios de desenvolvimento vegetal (juvenil, intermediário e adulto).

1.1.2 Específicos

- Representar graficamente a arquitetura de copa de 15 indivíduos da espécie estudada através de uma rede composta de nós e conectores;

- Analisar as redes formadas, através da contagem de nós regulares, finais, de emissão, conectores e distâncias entre os nós;
- Verificar se a arquitetura da copa dos indivíduos varia nos diferentes estádios de desenvolvimento estabelecidos de acordo com a altura e diâmetro dos indivíduos;
- Discutir as estratégias ecológicas da espécie para estabelecimento e crescimento no ambiente.

1.2 PERGUNTA

Indivíduos de *P. pyramidalis* mantêm uma semelhança, quanto ao número de nós e conectores e na distância entre os nós, na arquitetura da copa durante seu desenvolvimento?

1.3 HIPÓTESE

Acredita-se que os indivíduos jovens possuem menor número de conectores e nós e distâncias entre nós curtas comparado aos adultos, uma vez que plantas jovens apresentam maior plasticidade fenotípica, buscando estratégias de estabelecimento no ambiente natural (VALLADARES et al., 2005), que possam lhes conferir sucesso ecológico (BRADSHAW, 2006).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Arquitetura de copas

O surgimento dos estudos de arquitetura de copa há cerca de 40 anos, se deve aos esforços dos pesquisadores para compreensão da morfologia de plantas (BARTHÉLÉMY; CARAGLIO, 2007). Atualmente, os estudos com esta abordagem dão suporte a investigações variadas, relacionadas com a estrutura e função das plantas (GODIN, 2000), e diversas formas de representação da copa têm surgido. Uma das representações de arquitetura considera a planta como um organismo modular, que é composto por diferentes tipos de componentes que se repetem, os quais estão ligados entre si e podem representar a forma de transferência de substâncias dentro da planta e o seu crescimento (GODIN, 2000).

A definição da forma de uma planta envolve a interação de fatores diferentes. A base genética de uma determinada espécie é provavelmente influenciada pela ação de hormônios vegetais na definição da arquitetura da copa, que, além disso, é limitada pelas condições do ambiente em que a planta está inserida (BARTHÉLÉMY e CARAGLIO, 2007; REINHARDT e KUHLEMEIER, 2002; ZHANG et al., 2009).

Uma rede composta por conectores e nós é útil na representação da estrutura de uma copa, sendo os nós os ramos parentais e os conectores os ramos que emergem dos nós e se estendem, e eles tem função de sustentação das folhas e órgãos reprodutivos, bem como no transporte de seiva bruta e multi-direcional (SOUZA et al. 2011). Utilizando esta metodologia, estes mesmos autores verificaram que um conjunto de atributos estruturais da copa de árvores do Cerrado variou de acordo com o grupo fenológico das espécies, havendo uma diminuição no número de conectores e nós das espécies perenifólias para as decíduas.

A relação entre arquitetura de copas e a fenologia foliar de espécies em ambientes semiáridos, também já foram observadas em estudos na Caatinga (CAVALCANTE, 2014; CAVALCANTI JÚNIOR, 2014). Cavalcante (2014) observou para espécies da Caatinga que decíduas de 2-3 meses (espécies que perdem suas folhas na estação seca, permanecendo sem elas por um período de 2 a 3 meses) apresentam maior número de nós e conectores do que as espécies dos demais grupos fenológicos (perenes e decíduas de 4-6 meses), enquanto que Cavalcanti Júnior (2014), não observou diferença significativa na estrutura da copa de duas espécies de fenologias foliares diferentes no mesmo ambiente. Ambos os estudos da Caatinga, verificaram que de modo geral as espécies deste ambiente possuem uma arquitetura mais

complexa do que as do Cerrado, indicando maior investimento em ganho de energia pela maior exposição de órgãos fotossintetizantes. No entanto relações de arquitetura de copa com estratégias de sobrevivência em diferentes fases do desenvolvimento vegetal, ainda não foram investigadas para estes ambientes.

A estrutura de uma copa está relacionada com processos fisiológicos, como a distribuição de água, incidência luminosa e a absorção e distribuição de carbono (SOUZA et al. 2011). Esses processos influenciam o desenvolvimento da planta nos estágios de desenvolvimento inicial, conduzindo o seu crescimento de acordo com as pressões ecológicas do ambiente (PORTELA; SANTOS, 2003).

2.2 Estratégias de crescimento de plantas

Em regiões áridas, onde as baixas precipitação e umidade do ar e altas temperaturas ocasionam uma situação de estresse hídrico, as plantas acabam sofrendo diminuição da taxa de crescimento e produtividade (PASSIOURA, 1996), tendo as espécies que se adaptam morfológica e fisiologicamente para sobrevivência nestes ambientes (VAZ, 2011). Este é o caso da vegetação da Caatinga que evoluiu sob condições de estresse hídrico (FONSECA, 1991), desenvolvendo características de adaptação à seca como caducifolia, suculência, acúleos e espinhos, pequeno porte e cobertura descontínua da copa (GIULIETTI et al., 2004; PRADO, 2003). Algumas espécies desenvolveram estratégia de fechamento dos estômatos, evitando a perda de água em excesso por meio da transpiração (BUCCI et al., 2008).

A deciduidade de algumas espécies da Caatinga é uma estratégia de evitação da seca (TROVÃO et al., 2007), e as espécies decíduas são maioria neste ambiente em relação às perenifólias, visto que a manutenção da folhagem nos períodos de seca requer um alto custo energético para os indivíduos (BARBOSA et al., 2003). Copas densas e inclinação de folhas são as estratégias mais comuns adotadas pelas plantas para evitar a fotoinibição, provocada pelo excesso de luminosidade (VALLADARES; PUGNAIRE, 1999).

Segundo Weiner et al. (2009), a forma de crescimento da planta está diretamente ligado ao seu sucesso reprodutivo, defesa e ganho de altura, sendo, portanto, um estudo de grande importância ecológica. Nishimura e Suzuki (2001) verificaram que plântulas de florestas diferentes diferiam em sua arquitetura de um local para outro, mas eram similares dentro de um mesmo local. Portela e Santos (2003) também verificaram que as plântulas e jovens de diferentes espécies se ajustaram a um único modelo alométrico analisando a altura e comprimento horizontal da copa de plântulas e jovens de uma reserva florestal. Os autores

sugerem que as plântulas e jovens do local estudado, mesmo de espécies diferentes, por terem uma maior plasticidade, mantêm um padrão de arquitetura semelhante respondendo às condições ambientais, que atua de maneira mais acentuada nos estádios de desenvolvimento inicial (PORTELA; SANTOS, 2003). Assim, a relação entre o tamanho e a forma de árvores, pode refletir estratégias adaptativas de uma espécie para captação de recursos ao longo do seu desenvolvimento (KING, 1990).

2.3 Espécie estudada

Poincianella pyramidalis (Tul) L.P. Queiroz é uma espécie endêmica da Caatinga, (QUEIROZ, 2009) com ampla distribuição no bioma, o que justifica ser popularmente conhecida como “catingueira” (GIULIETTI et al., 2004), que mostra bastante adaptação as condições adversas do ambiente, sendo suas plântulas capazes de crescer em uma ampla faixa de variação de temperatura (LIMA et al., 2011). Barbosa et al. (2003), observaram possíveis estratégias reprodutivas de *P. pyramidalis*, para sobrevivência em ambientes com diferentes graus de déficit hídrico, o que explica sua ocorrência em ambientes distintos e sua elevada frequência e abundância neste bioma.

A adaptação desta espécie ao déficit hídrico foi demonstrada também por Antunes et al. (2011), que testaram a germinação de sementes de *P. pyramidalis* sob déficit hídrico e observaram que a germinação persistiu mesmo com as sementes sendo expostas nove dias de déficit hídrico rigoroso, sugerindo um possível ajustamento osmótico das sementes.

De acordo com observações fenológicas de espécies lenhosas da Caatinga feita por Barbosa et al. (2003), *P. pyramidalis* foi classificada como uma espécie decídua que perde suas folhas no final da estação seca, permanecendo sem elas por um período de dois a três meses. Porém, em locais de maior umidade, foi verificado em observações pessoais do autor, que esta espécie se comportou como perenifólia, não perdendo as folhas (BARBOSA et al., 2003), o que demonstra a capacidade de aclimatação da espécie para sobrevivência em diferentes condições ambientais.

Quanto a sua biologia reprodutiva, *P. pyramidalis* é auto-incompatível, com tubos polínicos originários de autopolinização manual crescendo até o saco embrionário, com razão semente/óvulo relativamente elevada demonstrando maior investimento em sementes provenientes de polinizações cruzadas (LEITE; MACHADO, 2009).

Carvalho et al. (2011) verificaram que *P. pyramidalis* é uma espécie pioneira, sendo indicada para a primeira e a segunda fase de recomposição florestal mista de áreas degradadas

(MAIA, 2004). Portanto o entendimento de estratégias de crescimento e sobrevivência desta espécie no ambiente Caatinga é importante para fins de conservação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

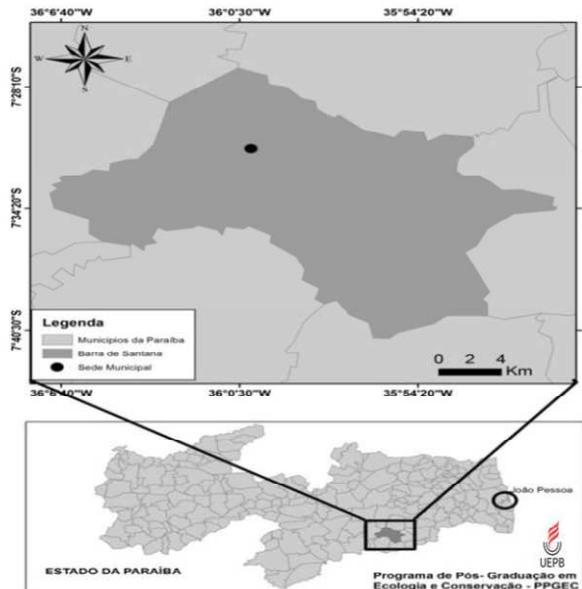
A coleta dos dados foi realizada em um fragmento florestal da propriedade particular Fazenda Pocinho (7° 29' 46" S 35° 58' 12" W) localizada no município de Barra de Santana, estado da Paraíba, Brasil (Figura 1), no segundo semestre de 2015. A área está inserida na microrregião Cariri Oriental, mesorregião Borborema (AESAs, 2015).

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger o clima é do tipo AW, tropical de savana (PEEL et al., 2007). No ano de 2015, as chuvas acumuladas no município de Barra de Santana totalizaram 284,5 mm, com chuvas concentradas no primeiro semestre do ano, de março a julho (AESAs, 2015). A temperatura média é de 25°C e umidade relativa do ar em volta de 50% (TROVÃO, 2007).

Os tipos de solo que ocorrem em grande parte do município são Vertissolos e Neossolos Litólicos Eutróficos (EMBRAPA, 2006). No fragmento florestal do estudo o que predomina é o Vertissolo que são constituídos por material mineral, podendo ser pouco profundos a profundos, ocorrendo também solos rasos, e quanto a drenagem imperfeitamente a mal drenados, em alguns casos moderadamente drenados e com permeabilidade a água muito lenta. Possuem teores elevados de cálcio e magnésio (SANTOS et al., 2006).

Concomitante com as características físicas do ambiente predomina na região do Cariri paraibano uma vegetação do tipo Caatinga hiperxerófila, floresta caducifólia e subcaducifólia, com representantes da família Leguminosae em destaque por sua riqueza florística, bem como as famílias Asteraceae e Euphorbiaceae, sendo a espécie *Caesalpinia pyramidalis* Tul. representativa (BARBOSA et al., 2007).

Figura 1: Localização do município de Barra de Santana no estado da Paraíba (NE, Brasil), inserida na Microrregião do Cariri Oriental.



3.2 Desenho amostral e coleta dos dados

Foram analisados cinco indivíduos de *P. pyramidalis* de três diferentes estádios de desenvolvimento. Os estádios de desenvolvimento foram estabelecidos de acordo com o diâmetro ao nível do solo (DNS) e altura dos indivíduos, onde analisou-se cinco indivíduos juvenis, cinco intermediários e cinco adultos, totalizando 15 indivíduos (Tabela 1).

Na contagem dos nós e conectores dos indivíduos jovens foi possível o acesso a toda a copa com os indivíduos afixados no solo, porém para os indivíduos adultos foi preciso cortar o indivíduo logo acima do nó inicial, deixando-se o caule afixado para que a planta possa se regenerar.

Tabela 1: Medianas e erro-padrão (\pm EP) das variáveis altura e diâmetro ao nível do solo (DNS) de quinze indivíduos de *Poincianella pyramidalis* (Tul) L.P. Queiroz em diferentes estádios de desenvolvimento, crescidos naturalmente em ambiente de Caatinga.

Variáveis	Estádios de Desenvolvimento vegetal		
	Jovens	Intermediários	Adultos
Altura (m)	130 \pm 24,13	178 \pm 24,78	330 \pm 52,53
DNS (cm)	1,9 \pm 0,57	7,9 \pm 1,16	11,1 \pm 4,73

3.3 Nós e conectores que formam a rede de representação da estrutura aérea

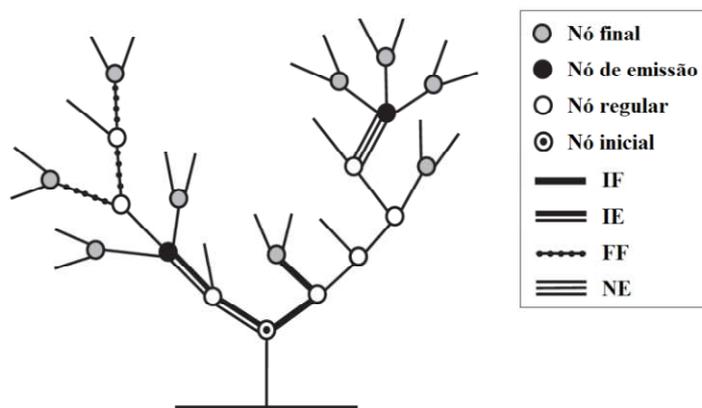
A representação da estrutura aérea vegetal seguiu a metodologia descrita por Souza et al. (2011), na qual o tronco e os ramos formam uma rede composta por nós e conectores. O nó é a base para cada ramificação, de onde pode emergir um ou mais ramos. Quando um nó distava até 1,0 cm do nó seguinte, considerou-se como um só. O tronco e os ramos entre os nós são representados como conectores. Todos os nós e conectores de 15 indivíduos de *P. pyramidalis* sob condições naturais foram registrados. Foi selecionado um indivíduo de cada estágio de desenvolvimento vegetal para fazer a representação gráfica das redes utilizando o software Corel Draw X6.

Foram mensurados os diferentes tipos de nós: regulares, emissão, inicial e final. O nó classificado como regular é aquele que possui até três conectores, um que dá origem ao nó e mais dois que emergem do nó. O nó de emissão possui quatro ou mais conectores, o que lhe deu origem e os demais que são emitidos a partir dele. O nó inicial é o que deu origem aos demais ramos, portanto o mais antigo localizando-se na primeira segmentação do caule. Este tem como conectores, o caule do indivíduo e dois ou mais que iniciam a ramificação. O nó final é o último de cada ramo, sendo o mais jovem e que suportam o meristema apical. Os tipos de nós mais frequentes em uma planta são os regulares (SOUZA et al., 2011).

A quantidade de conectores entre os nós foi calculada para análise das redes formadas. Para isso considerou-se quatro diferentes tipos de distâncias: o número de conectores entre o nó inicial e cada nó final, foi chamada de distância IF. Já o número de conectores entre o nó inicial e cada nó de emissão, foi denominada distância IE. Verificou-se também a quantidade de conectores entre dois nós finais vizinhos (distância FF) e entre cada nó regular e um nó de emissão mais próximo denominada distância NE (Figura 2). Estas distâncias servem para

mensurar o grau de dificuldade de alocação de informação e massa e as estratégias adotadas por uma planta para atender toda a demanda que a copa necessita (SOUZA et al., 2011).

Figura 2: Esquema gráfico apresentando os tipos de nós e diferentes distâncias analisadas. Distâncias: IF = número de conectores entre o nó inicial e cada nó final; IE = número de conectores entre o nó inicial e cada nó de emissão; FF = número de conectores entre o nó final e o nó final vizinho; NE = número de conectores entre o nó regular (cada um deles) e o nó de emissão mais próximo (CAVALCANTI JÚNIOR, 2014).



3.4 Análises estatísticas

Para a comparação entre os indivíduos, foram calculadas medianas e erro-padrão das distâncias entre os nós, para o total de nós e conectores e entre os diferentes tipos de nós. A normalidade dos dados foi testada. Como foi verificado que os dados não tinham distribuição normal, foram utilizados testes não paramétricos para as análises. Foi feita uma análise de variância de Kruskal-Wallis, a fim de verificar diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os indivíduos dos diferentes estádios de desenvolvimento (grupos) e utilizado o teste post-hoc de Mann-Whitney com correção de Bonferroni para verificar quais grupos diferem entre si.

Através de um Modelo Linear Generalizado (MGL) foi testado se as variáveis independentes altura e DNS influenciam na quantidade de nós e conectores (variáveis dependentes) dos indivíduos. Como o número de nós e conectores é um dado quantitativo

discreto a família de Poisson foi utilizada como componente aleatório e a função de ligação logarítmica para ajuste do modelo. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa PAST versão 1.16 (HAMMER et al., 2001).

4 RESULTADOS

Os indivíduos adultos apresentaram os maiores valores de nós e conectores, diferindo significativamente ($p < 0,05$) dos indivíduos dos demais estádios de desenvolvimento (Tabela 2). Os tipos de nós que ocorreram com maior frequência em todos os indivíduos nas três categorias estudadas foram os nós finais e nós regulares, representando 48,7% e 44,4% respectivamente, do total de nós dos indivíduos nos três estádios de desenvolvimento. Os nós de emissão foram muito menos frequentes, representando apenas 6,88% do total de nós das três categorias. As representações esquemáticas da arquitetura de copa dos indivíduos selecionados para representação gráfica da copa de *P. pyramidalis* nas três fases de desenvolvimento encontram-se nas Figuras 3, 4 e 5.

Tabela 2: Medianas e erro-padrão (\pm EP) de número de conectores, diferentes tipos de nós obtidos nas redes formadas pelo caule e pelos ramos dos indivíduos em diferentes estádios de desenvolvimento (ED). Letras diferentes nas colunas significam diferença significativa dos conectores e diferentes tipos de nós entre os estádios ($p < 0,05$) de acordo com teste estatístico de Kruskal-Wallis (H) e o teste post-hoc de Mann-Whitney.

ED	Conectores	Nós Regulares	Nós Finais	Nós de Emissão
Jovem	52 \pm 32,78 a	31 \pm 15,44 a	18 \pm 17,12 a	4 \pm 2,07 a
Intermediário	144 \pm 37,53 a	65 \pm 15,40 a	74 \pm 20,55 a	7 \pm 2,71 a
Adulto	877 \pm 495,48 b	367 \pm 233,14 b	460 \pm 228,42 b	65 \pm 39,71 b
H	9,99	9,78	9,98	10,02
p	0,006	0,007	0,007	0,006

As distâncias de conectores entre diferentes nós também apresentaram variação significativa ($p < 0,05$) (Tabela 3). Os indivíduos adultos apresentaram distâncias maiores que os intermediários e juvenis entre o nó inicial e nós finais (IF) e o nó inicial para os nós de emissão (IE). Entre os nós finais vizinhos (FF) não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as categorias de desenvolvimento vegetal, enquanto que a distância entre cada nó regular e um nó de emissão (NE) foi diferente estatisticamente entre os estádios de desenvolvimento.

O ajuste do MLG mostrou que as variáveis independentes (altura e DNS) dos indivíduos exerce efeito sobre a quantidade de nós e conectores nos indivíduos de *P. pyramidalis* ($p < 0,05$) (Figura 6).

Tabela 3: Medianas e erro-padrão (\pm EP) da quantidade de conectores entre os diferentes nós. As diferenças entre os grupos foram testadas através de teste estatístico de Kruskal-Wallis (H) e o teste post-hoc de Mann-Whitney. As distâncias entre os nós são: IF= do inicial para o final, IE= do nó inicial para os de emissão, FF= entre nós finais vizinhos e NE= de cada nó regular para um de emissão mais próximo.

Estádios de Desenvolvimento Vegetal					
Distâncias	Jovens	Intermediários	Adultos	H	p
IF	8 \pm 0,17	9 \pm 0,16	14 \pm 0,07	823,9	<0,001
IE	7 \pm 0,55	7 \pm 0,49	12,5 \pm 0,21	100,4	<0,001
FF	2 \pm 0,12	2 \pm 0,06	2 \pm 0,02	0,845	0,587
NE	4 \pm 0,21	3 \pm 0,12	3 \pm 0,04	78,77	<0,001

Figura 3: Rede com nós e conectores de um indivíduo jovem de *Poincianella pyramidalis* (Tul) L.P. Queiroz

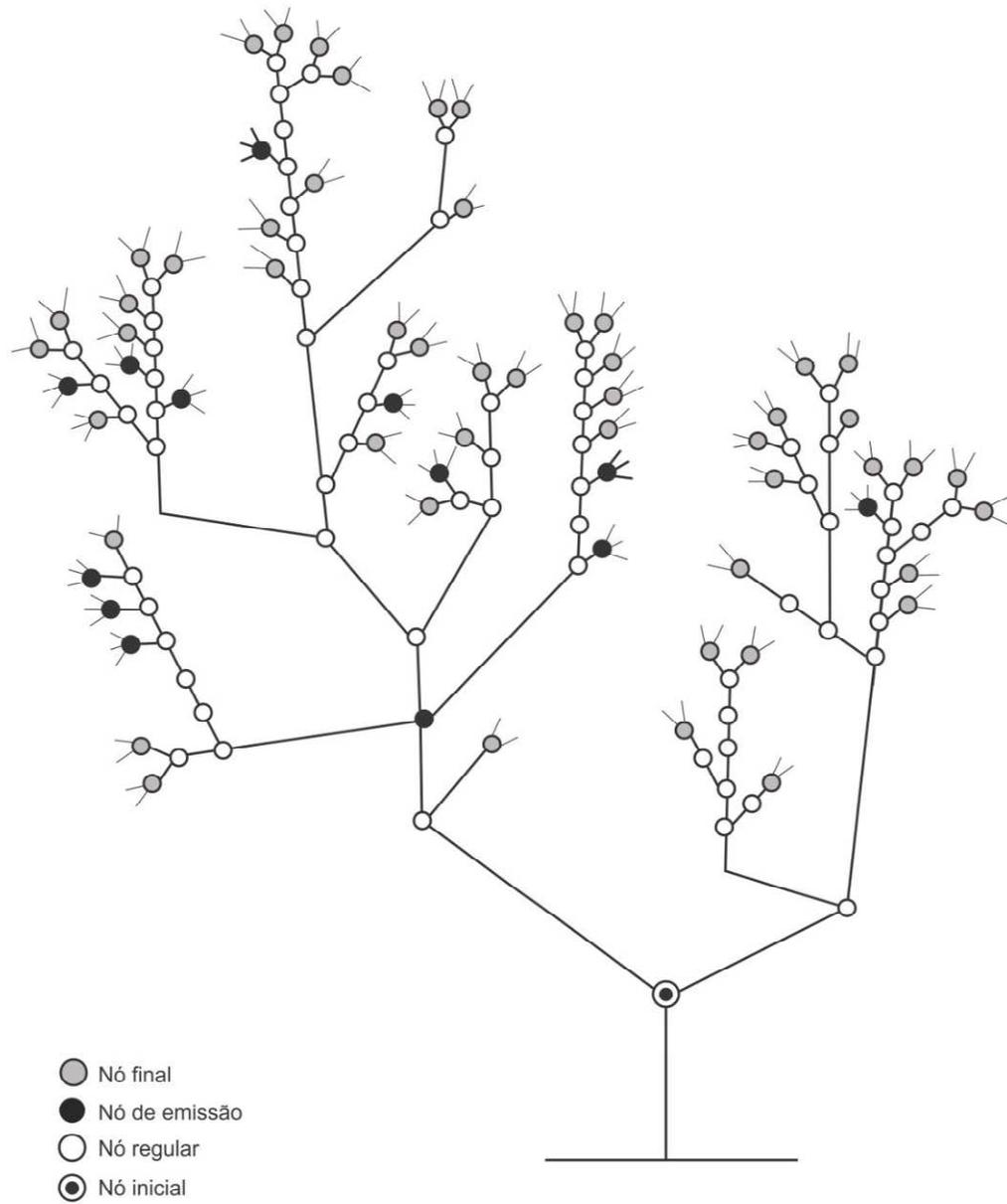


Figura 4: Rede com nós e conectores de um indivíduo de tamanho intermediário de *Poincianella pyramidalis* (Tul) L.P. Queiroz

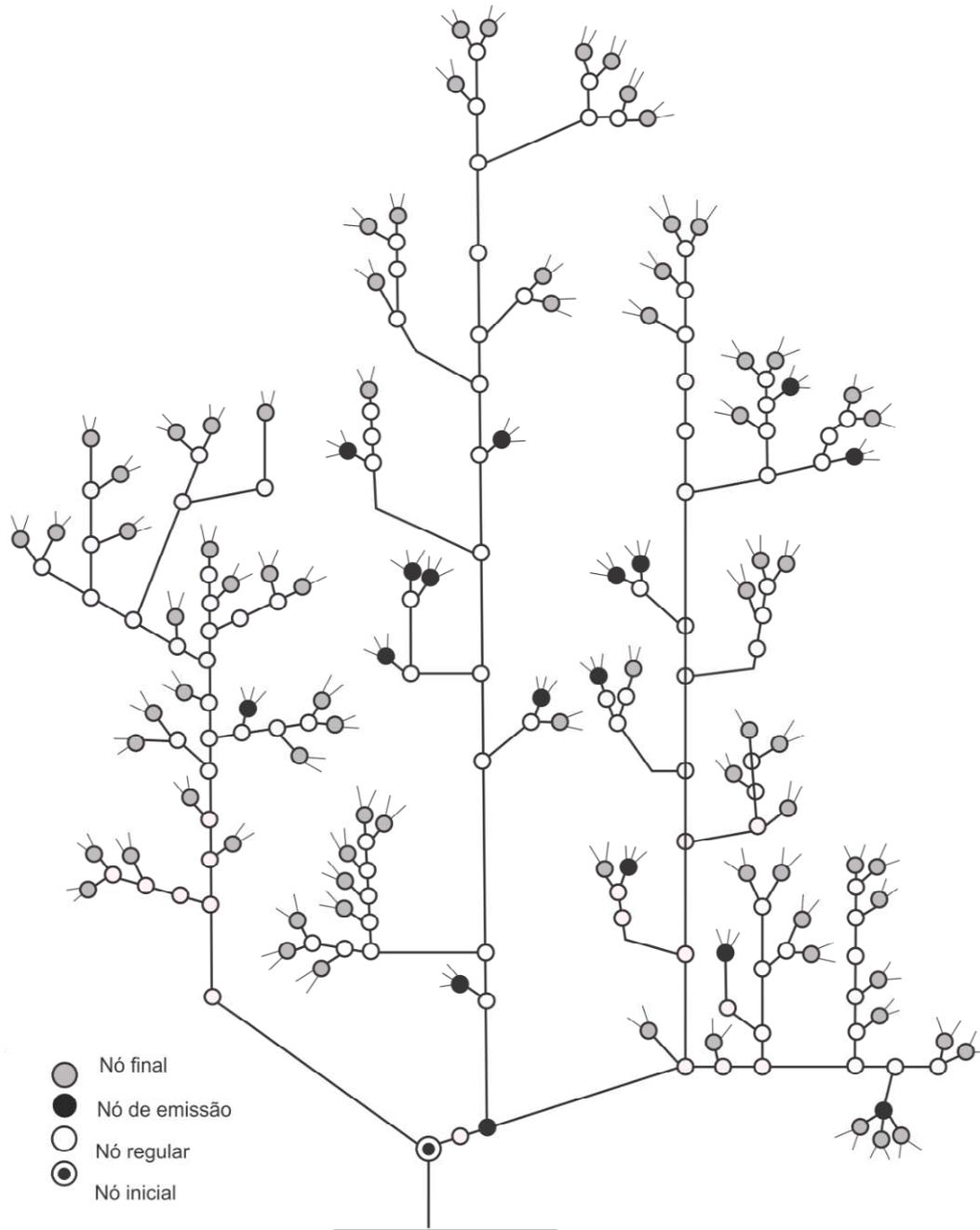


Figura 5: Rede com nós e conectores de um indivíduo adulto de *Poincianella pyramidalis* (Tul) L.P. Queiroz

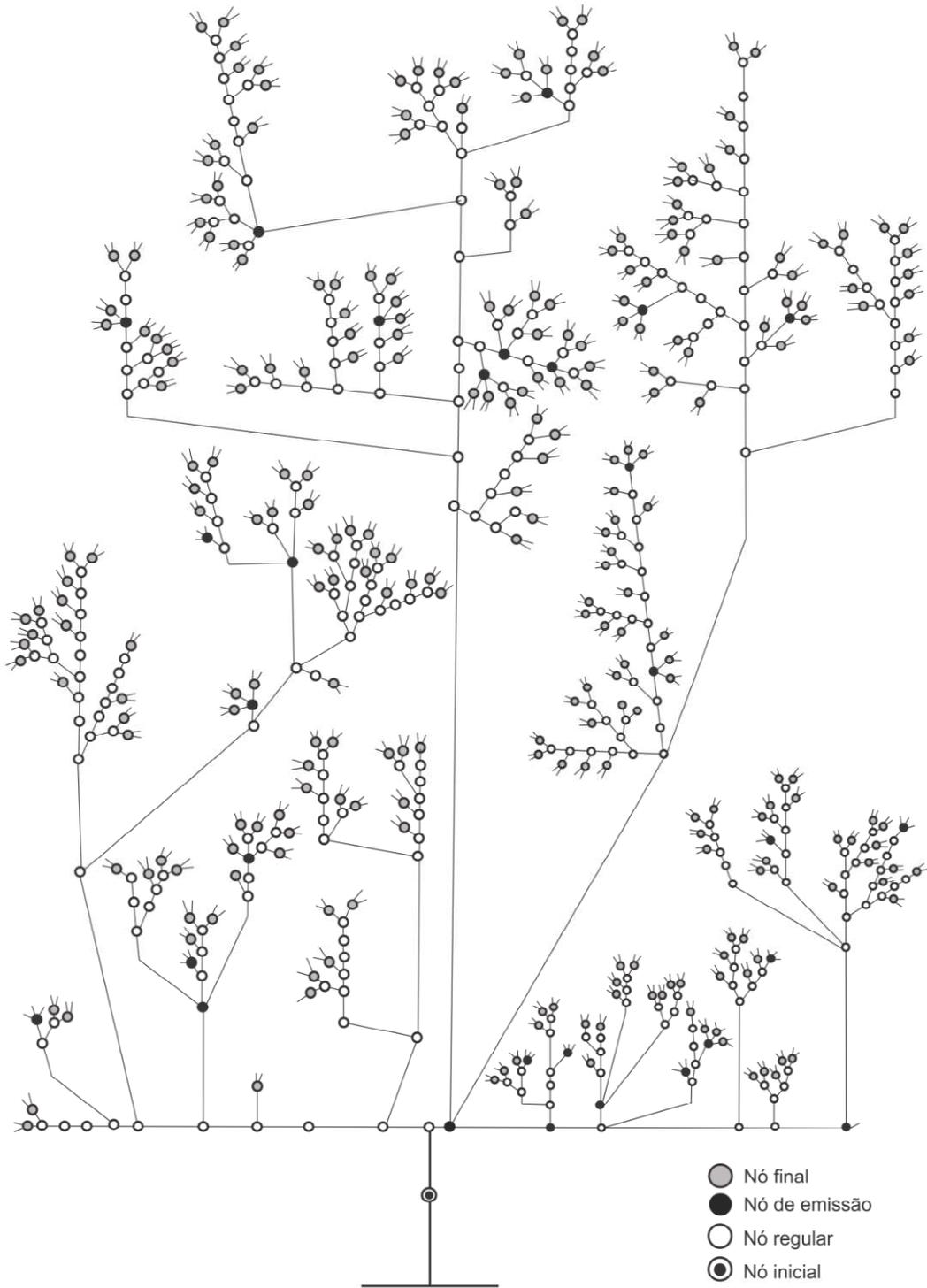
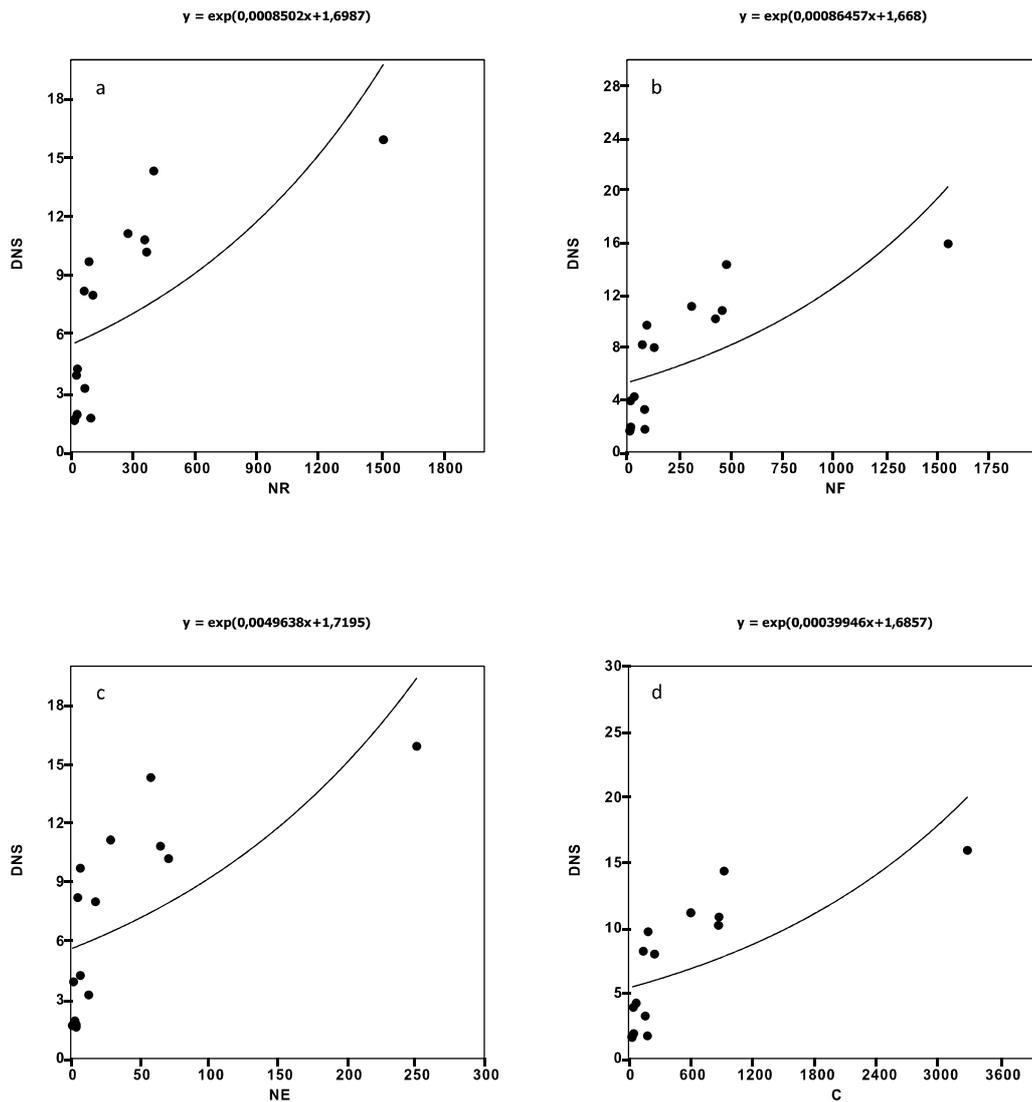


Figura 6: Ajustes dos Modelos Lineares Generalizados (MLG) indicando correlações positivas entre o diâmetro ao nível do solo (DNS) e nós regulares (NR) ($G = 18,10$; $p < 0,05$) (a), nós finais (NF) ($G = 20,12$; $p < 0,05$) (b), nós de emissão ($G = 17,35$; $p < 0,05$) (c) e o número de conectores (C) ($G = 18,98$; $p < 0,05$) (d) de 15 indivíduos de *Poincianella pyramidalis* (Tul) L.P. Queiroz em diferentes estádios de desenvolvimento crescidos naturalmente no ambiente de Caatinga.



5 DISCUSSÃO

As diferenças observadas nos números de conectores, nós e nas distâncias entre nós dos indivíduos nos estádios de desenvolvimento estudados demonstraram que *P. pyramidalis* não mantém um padrão estrutural da copa durante o desenvolvimento vegetal, verificando-se que com o avanço do desenvolvimento há um aumento da complexidade da copa. Portanto, os resultados corroboraram com a hipótese apresentada.

Nishimura e Suzuki (2001) verificaram que plântulas e jovens de florestas diferentes diferiam de um local para outro, mas eram similares dentro de um mesmo local, sugerindo que as plântulas e jovens, mesmo de espécies diferentes, por terem uma maior plasticidade, mantêm um padrão de arquitetura semelhante respondendo às condições ambientais, que atua de maneira mais acentuada nestes estádios de desenvolvimento inicial. O fato dos indivíduos de estágio de desenvolvimento inicial diferir dos adultos em todos os parâmetros analisados no ambiente da Caatinga confirma a hipótese inicial de que estes possuem uma maior plasticidade fenotípica e, possivelmente, estão poupando gastos energéticos investindo em copas menos ramificadas. Há de se considerar também que, de acordo com Carvalho et al. (2011), essa espécie é pioneira, portanto, nas fases iniciais de desenvolvimento é natural que haja um maior investimento na expansão foliar que propriamente na emissão de nós e entre-nós, pois a competição pela interceptação luminosa é menor em virtude da menor competição por esse recurso.

Para Gatsuk et al. (1980) os indivíduos de uma mesma espécie podem alcançar diferentes fenofases em tempos diferentes dependendo das variações ambientais. Considerando que os indivíduos analisados estavam inseridos em uma mesma comunidade vegetal, submetidos às mesmas variáveis em relação ao solo, precipitações, clima, umidade e relações interespecíficas, pode-se inferir que a metodologia empregada realmente destaca diferentes estádios de desenvolvimento, o que se confirmou pela variação nos números de conectores, nós e nas distâncias entre nós, conforme pode ser visualizado nas figuras 3, 4 e 5.

Comparando os resultados deste trabalho, com os indivíduos jovens e intermediários, desenvolvido no Cerrado (SOUZA et al., 2011), as médias da maioria dos nós e conectores e das distâncias dos indivíduos da Caatinga foram maiores do que das espécies também decíduas do Cerrado, sendo menor apenas na distância FF. Isto evidencia que as espécies decíduas destes dois ambientes diferem quanto as estratégias de estruturação da copa e consequente transporte de nutrientes e água.

Considerando que na Caatinga o solo possui pouca água disponível (TROVÃO et al., 2007), elevados valores de nós e conectores nos indivíduos adultos, podem significar um grande custo energético para a distribuição de água e nutrientes no final da estação seca, visto que um número pequeno de nós e conectores promove uma fácil repartição de recursos pela planta e conseqüentemente uma imediata distribuição de água para as folhas no final da estação seca (SOUZA et al., 2011) que é o período de pico de formação de novas folhas em espécie decíduas da Caatinga (BARBOSA et al., 2003). As curtas distâncias observadas entre os nós finais vizinhos (distância FF) indica uma estratégia de crescimento da copa para amenizar este problema, visto que curta distância FF significa que a planta conquista o espaço aéreo através de muitas ramificações, o que facilita no atendimento de demandas de informação e massa pela planta (SOUZA et al., 2011).

Outra estratégia para melhorar o desempenho na alocação de recursos pela planta pode estar relacionada com uma característica física da espécie. Considerando que Silva et al. (2014) identificaram que a espécie *P. pyramidalis* apresenta alta densidade da madeira, e que Bucci et al. (2004) demonstraram em um estudo com espécies do Cerrado, que a densidade da madeira tem uma correlação positiva com a eficiência do transporte de água, e as transpirações diárias e de meio-dia diminuem de forma linear com o aumento da densidade da madeira, pode-se inferir que o elevado número de nós e entre-nós resultam de um *trade-off*, ou seja, aloca-se mais recursos para investimento em ramificações durante o lento crescimento característico de espécies com densidade da madeira alta (CHAVE et al., 2009), a fim de maximizar a atividade fotossintética durante a curta temporada chuvosa (CHAPOTIN et al., 2006), típica da Caatinga, enquanto há uma rápida emissão de brotos quando se iniciam as primeiras chuvas. Alta densidade também confere as plantas eficiência no transporte de água, tornando-as menos vulneráveis à cavitação do xilema (HAC; SPERRY, 2001).

A deciduidade de algumas espécies da Caatinga é uma estratégia para evitar a seca (TROVÃO et al., 2007), e as espécies decíduas são maioria neste ambiente em relação às perenifólias, visto que a manutenção da folhagem nos períodos de seca requer um alto custo energético para os indivíduos (BARBOSA et al., 2003). Apesar disto as médias das distâncias FF dos indivíduos adultos foram baixas, muito próximas dos valores dos indivíduos jovens e intermediários. Isto demonstra que mesmo os indivíduos adultos estavam em produção contínua de ramos, uma vez que os nós finais suportam os ramos com meristema apical, que possivelmente emitirão novas ramificações (SOUZA et al., 2011). Esta é mais uma evidência de que esta espécie investe em maior produção energética, pela maior exposição de órgãos fotossintetizantes (SOUZA et al., 2009), já que a interceptação luminosa por indivíduos

arbóreos é de grande importância e depende da sua arquitetura, sendo sua eficiência determinante para permanência dos indivíduos no ambiente (POORTER et al., 2003).

As correlações positivas dos números de nós e conectores com os diâmetros e alturas dos indivíduos, demonstraram que há um aumento na complexidade da copa de *P. pyramidalis* à medida que a planta cresce. O diâmetro do tronco tem importância na sustentação da copa, suporte estrutural e resistência mecânica (STERCK; BONGERS, 1998). Assim, observa-se que o aumento linear do número de nós e conectores com o ganho de altura e diâmetro, são eventos que ocorrem de maneira concomitante para a expansão da copa, resultando em uma anatomia equilibrada.

Assim, verificou-se neste estudo que houve uma distinção entre os grupos de juvenis e intermediários com os adultos. Sterck e Bongeres (2001) indicam que provavelmente plantas jovens não podem servir como organismos modelo para estudo de desenvolvimento da copa em árvores de outros tamanhos. Isto foi observado neste estudo, pois os resultados demonstraram que existem modelos diferenciados de arquitetura de copa entre as plantas jovens e adultas de *P. pyramidalis* evidenciando características adaptativas as condições de competição por recursos.

6 CONCLUSÕES

As análises das redes de nós e conectores da espécie estudada permitiu verificar que esta espécie não mantém um padrão da copa durante o seu desenvolvimento vegetal. As médias das distâncias entre os nós e dos diferentes tipos de nós os indivíduos jovens e intermediários variaram significativamente dos indivíduos adultos, mostrando que vai havendo um aumento na complexidade da copa á medida que a planta cresce. Este aumento da complexidade da copa também foi verificado nas correlações positivas entre os números de nós e conectores com as alturas e diâmetros dos indivíduos. Assim, os resultados demonstraram que existem modelos diferenciados de arquitetura de copa entre as plantas jovens e adultas de *P. pyramidallis* evidenciando características adaptativas as condições de competição por recursos.

REFERÊNCIAS

- AESA, Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <<http://geo.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 20 de junho 2015.
- ANTUNES, C.G.C.; PELACANI, C.R.; RIBEIRO, R.C. et al. Germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (catingueira) submetidas a deficiência hídrica. **Revista Árvore**, v. 35, p. 1007-1015, 2011.
- BARBOSA, D. C. de A.; BARBOSA, M. C. de A.; LIMA, L. C. M. de. Fenologia de Espécies Lenhosas da Caatinga. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Org.) **Ecologia e Conservação da Caatinga**, p. 657-693, 2003.
- BARBOSA, M.R.V.; LIMA, I.B.; LIMA, J.R.; CUNHA, J.P.; AGRA, M.F.; THOMAS, W.W. Vegetação e Flora no Cariri Paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, p. 313-322, 2007.
- BARTHÉLÉMY, D.; CARAGLIO, Y. Plant architecture: a dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny. **Annals of Botany**, v. 99, n. 3, p. 375-407, 2007.
- BRADSHAW, A.D. Unravelling phenotypic plasticity – why should we bother? **New Phytologist**, v. 170, p. 644-648, 2006.
- BUCCI, S.J.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F.C.; SCHOLZ, F.G.; FRANCO, A.C.; BUSTAMANTE, M. Functional convergence in hydraulic architecture and water relations of tropical savanna trees: from leaf to whole plant. **Tree Physiology**, v. 24, p. 891-899, 2004.
- BUCCI, S. J.;SCHOLZ, F. G.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C.; FRANCO, A. C.; ZHANG, Y.; HAO, G. H. Water relations and hydraulic architecture in Cerrado trees: adjustments to seasonal changes in water availability and evaporative demand. **Brazilian journal of plantphysiology**, v. 20, n.3, p. 233-245, 2008.
- CARVALHO, E.C.D.; SOUZA, B.C.; TROVÃO, D.M.B.M. Ecological succession in two remnants of the Caatinga in the semi-arid tropics of Brazil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 10, p. 13-19, 2011.
- CAVALCANTE, C. B. **Arquitetura de copas de espécies da caatinga: um reflexo do estresse hídrico na vegetação do semiárido brasileiro**. 2014. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.
- CAVALCANTI JÚNIOR, M.M. **Arquitetura de copa e fenologia foliar de *Ziziphus joazeiro* Mart. e *Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poir., espécies arbóreas do semiárido paraibano**. 2014. 47 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Paraíba, 2014.
- CHAPOTIN, S.M.; RAZANAMEHARIZAKA, J.H.; HOLBROOK, N.M. Baobab trees (*Adansonia*) in Madagascar use stored water to flush new leaves but not to support stomatal opening before the rain season. **New Phytologist**, v. 169, p. 549–559, 2006.
- CHAVE, J.; COOMES, D.; JANSEN, S.L.; SWENSON, N.G.; ZANNE, A.E. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, v. 12, p. 351-366, 2009.
- EMBRAPA. Embrapa Solos UEP Recife. Solos do Nordeste, 2006. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.html>>. Acesso em: 16 de junho de 2015

- FONSECA, M. R. da., **Análise da vegetação arbustivo-arbórea da Caatinga hiperxerófila do Noroeste do Estado de Sergipe**. 1991. 187 f. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.
- GATSUK, E.; SMIRNOVA, O.V.; VORONTZOVA, L.I.; ZAUGOLNOVA, L.B.; ZHUKOVA, L.A. Age states of plants of various growth forms: a review. **Journal of Ecology**, v. 68, p. 675-696, 1980.
- GIULIETI, A. M., et al. Diagnóstico da Vegetação Nativa do Bioma Caatinga. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. T.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (Org.). **Biodiversidade da Caatinga: Áreas e Ações Prioritárias para a Conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 48-90, 2004.
- GODIN, C. Representing and encoding plant architecture: a review. **Annals of Forest Science**, v. 57, n. 5-6, p. 413-438, 2000.
- HAC, K.E.U.; SPERRY, J.S. Functional and ecological xylem anatomy. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 4, p. 97-115, 2001.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST-Palaeontological STatistics, ver. 1.89. **Palaeontologia electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.
- KING, D.A. Allometry of saplings and understory trees of a Panamanian forest. **Functional Ecology**, v. 4, p. 27-32, 1990.
- LEITE, A.V.; MACHADO, I. C. Biologia reprodutiva da “catingueira” (*Caesalpinia pyramidalis* Tul., Leguminosae-Caesalpinioideae), uma espécie endêmica da Caatinga. **Revista Brasil. Bot.**, v. 32, n.1, p.79-88, 2009.
- LIMA, C.R.; PACHECO, M.V.; BRUNO, R.L.A.; FERRARI, C.S.; BRAGA Jr, J.M.; BEZERRA, A.K.D. Temperaturas e substratos na germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* TUL. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 216-222, 2011.
- MAIA, G.N. **Caatinga, árvores e arbustos e suas utilidades**. Fortaleza: Leitura & Arte, 2004.
- NISHIMURA, T.B.; SUZUKI, E. Allometric differentiation among tropical tree seedlings in heath and peat-swamp forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p. 667-681, 2001.
- PASSIOURA, J. B. Drought and Drought tolerance. **Plant growth regulation**, v. 20, p. 79-83, 1996.
- PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, v. 4, p. 439-473, 2007.
- POORTER, L.; BONGERS, F.; STERCK, F.J.; WOLL, H. Architecture of 53 rain forest tree species differing in adult stature and shade tolerance. **Ecology**, v. 84, p. 602-608, 2003.
- PORTELA, R.C.Q.; SANTOS, F.A.M. Alometria de plântulas e jovens de espécies arbóreas: Copa x Altura. **Biota Neotropica**, v. 3, p. 1-5, 2003.
- PRADO, D.E. As Caatingas da America do Sul. In: LEAL, I.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Ed.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife. UFPE, p. 3-74, 2003.
- QUEIROZ, L. P. **Leguminosas da caatinga**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009. 467p.

REINHARDT, D.; KUHLEMEIER, C. Plant architecture. **EMBO Reports**, v. 3, n. 9, p. 846-851, 2002.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SILVA, Á.M.L.; LOPES, S.F.; VITORIO, L.A.P.; SANTIAGO, R.R.; MATTOS, E.A.; TROVÃO, D.M.B.M. Plant functional groups of species in semiarid ecosystems in Brazil: wood basic density and SLA as an ecological indicator. **Brazilian Journal of Botany**, v. 37, p. 229-237, 2014.

SOUZA, J.P.; PRADO, C.H.B.A.; ALBINO, A.L.S.; DAMASCOS, M.A. Shoot-foilage relationships in deciduous, semideciduous, and evergreen cerrado tree species. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 21, p.75-86, 2009.

SOUZA, J. P.; PRADO, C. H. B. A.; ALBINO, A. L. S.; DAMASCOS, M^a. A.; SOUZA, G. M. Network analysis of tree crowns distinguishes functional groups of Cerrado species. **Plant Ecology**, v. 212, n. 1, p. 11-19, 2011.

STERCK, F.J.; BONGERS, F. Ontogenetic changes in size, allometry, and mechanical design of tropical rain forest trees. **American Journal of Botany**, v. 85, p. 266-272, 1998.

STERCK, F.J.; BONGERS, F. Crown development in tropical rain forest trees: patterns with tree height and light availability. **Journal Ecology**, v. 89, p. 1-13, 2001.

TROVÃO, D. M. de B. M., FERNANDES, P. D., ANDRADE, L. A. de, NETO, J. D. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 11, n.3, p. 307-3011, 2007.

VALLADARES, F., PUGNAIRE, F. Tradeoffs between irradiance capture and avoidance in semi-arid environments assessed with a crown architecture model. **Annals of botany**, n. 83, p. 456-469, 1999.

VALLADARES, F.; ARRIETA, S.; ARANDA, I.; LORENZO, D.; SÁNCHEZ-GÓMEZ, D.; TENA, D.; SUÁREZ, F.; PARDOS, J.A. Shade tolerance, photoinhibition sensitivity and phenotypic plasticity of *Ilex aquifolium* in continental Mediterranean sites. **Tree Physiol**, v. 25, p. 1041-1052, 2005.

VAZ, M. C. **Diversidade de estratégias ecológicas de espécies de árvores dominantes de uma floresta de terra firme da Amazônia Central**. 2011. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

WEINER, J.; CAMPBELL, L.G.; PINO, J; ECHARTE, L. The allometry of reproduction within plant populations. **Journal of Ecology**, v. 97, p. 1220-1233, 2009.

ZHANG, S.; LI, C.; CAO, J.; ZHANG, Y.; ZHANG, S. XIA, Y.; SUN, D.; SUN, Y. Altered Architecture and enhanced drought tolerance in rice via the down-regulation of indole-3-acetic acid by TLD1/OsGH3.13 activation. **Plant physiology**, v. 151, p. 1889-1901, 2009.