**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Anatomia ecológica do lenho de espécies arbustivas e arbóreas
que ocorrem naturalmente em bosques com drástico gradiente de
precipitação ao Noroeste da Patagônia, Argentina**

Tássio Ticiano Trevizor

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

**Piracicaba
2016**

Tássio Ticiano Trevizor
Engenheiro Florestal

Anatomia ecológica do lenho de espécies arbustivas e arbóreas que ocorrem naturalmente em bosques com drástico gradiente de precipitação ao Noroeste da Patagônia, Argentina

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **FIDEL ALEJANDRO ROIG**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Tecnologia de Produtos Florestais

Piracicaba
2016

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Trevizor, Tássio Ticiano

Anatomia ecológica do lenho de espécies arbustivas e arbóreas que ocorrem naturalmente em bosques com drástico gradiente de precipitação ao Noroeste da Patagônia, Argentina / Tássio Ticiano Trevizor. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2016.
196 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Neuquén 2. Anéis de crescimento 3. Alterações climáticas 4. Plasticidade anatômica
5. Microscopia eletrônica de varredura I. Título

CDD 634.9751
T814a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar à Deus e Meishu Sama.

Ao meu orientador e grande amigo Fidel Alejandro Roig, por ser uma inspiração e modelo em minha vida, por tudo que me ensinou e certamente continuará a ensinar sobre a ciência, a arte e a vida. Agradeço à Monica, Federico e Julian por todo carinho e amizade.

Ao meu mentor e grande amigo Mario Tomazelo Filho, agradeço do fundo do coração pelo incansável esforço em motivar-me, fortalecer-me e ensinar-me ao longo desses anos que compartilhamos no laboratório. Certamente você é a peça principal nessa conquista.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – pela bolsa de estudos concedida durante o programa de Doutorado.

À querida Maria Aparecida Rizzato Chavez Bermudez em nome de quem agradeço aos colegas do Laboratório de Anatomia e identificação de Madeiras do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP.

Aos meus amados amigos argentinos Martín Haddad, Andrea Duplancic, Quique Barrio, Julieta Arco, Carolina Moreno, Fede Gonzalez, Silvina Lassa, Sergio Piraino, Lidio Lopez, Daniel Ganum.

À minha família pelo amor incondicional e constante.

Agradeço a todos do fundo do meu coração!

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	9
1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Objetivos gerais.....	13
1.2 Objetivos específicos.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Anatomia Ecológica	15
2.2 Patagônia argentina.....	16
2.3 Dendroclimatologia e mudanças climáticas.....	19
2.4 Conceitos em ecologia e fisiologia vegetal.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 Caracterização dos locais de estudo.....	23
3.1.1 Localização.....	23
3.1.2 Clima, Solos e Vegetação.....	25
3.1.3 Descrição dos sítios e posição no gradiente de precipitação.....	25
3.2 Metodologia de amostragem.....	33
3.3 Lista de espécies coletadas.....	34
3.4 Preparo das amostras de lenho.....	35
3.5 Caracterização da estrutura microscópica do lenho.....	36
3.6 Análise dendroecológica.....	38
3.6.1 Análise comparativa do lenho e confecção de chave de identificação de espécies arbustivas.....	39
4 RESULTADOS.....	41
4.1 Descrição anatômica microscópica do lenho.....	41
4.2 Análise dendroecológica.....	138
4.2.1 Análise comparativa da estrutura do lenho de espécies arbustivas.....	138
4.2.2 Confecção de chave dicotômica de identificação.....	146
4.2.3 Análise da ultra-estrutura dos traqueídeos de <i>Araucaria araucana</i>	149
4.2.4 Potencial dendrocronológico de arbustos.....	159
5 DISCUSSÃO.....	165
5.1 Descrição anatômica microscópica do lenho.....	165
5.2 Análise dendroecológica.....	167

5.2.1 Análise comparativa da estrutura do lenho de espécies arbustivas.....	168
5.2.2 Confecção de chave dicotômica de identificação.....	179
5.2.3 Análise da ultra-estrutura dos traqueídeos de <i>Araucaria araucana</i>	180
5.3 Potencial dendrocronológico.....	184
6 CONCLUSÕES.....	187
6.1 Anatomia ecológica de arbustos.....	187
6.2 Anatomia ecológica de <i>Araucaria araucana</i>	188
REFERÊNCIAS.....	191

RESUMO

Anatomia ecológica do lenho de espécies arbustivas e arbóreas que ocorrem naturalmente em bosques com drástico gradiente de precipitação ao Noroeste da Patagônia, Argentina

A utilização de gradientes ambientais no estudo de comunidades vegetais possibilita a eleição de sítios onde há a predominância de um fator abiótico que determina o sucesso ou o fracasso de espécies ao longo de sua extensão. Entre as inúmeras ferramentas utilizadas no estudo de gradientes climáticos, se destaca a anatomia do lenho, pois, é um ramo da ciência que permite analisar, além dos aspectos espaciais, os aspectos temporais dos sítios por meio dos anéis de crescimento. Além disso, a ampla distribuição das plantas lenhosas ao longo do globo possibilita análises em praticamente todos os tipos de biomas e ecossistemas terrestres. Dentro desse contexto estão os bosques andino-patagônicos de *Araucaria araucana* (Pehuén) ao norte de sua distribuição na Argentina. Esses bosques ocupam territórios caracterizados por um acentuado gradiente de precipitação, que vai de cerca de 3000 a 100 milímetros anuais, entre a cordilheira do Andes e a estepe patagônica, que os define como bosques méxicos e xéricos, com diferenças ecológicas que condicionam a formação vegetal, dinâmica, estrutura, relações com o clima e vulnerabilidade em cenários de mudanças ambientais. O objetivo do projeto foi descrever e analisar comparativamente a estrutura anatômica do lenho de 33 espécies arbóreas e arbustivas ocorrentes ao longo de um gradiente de precipitação, entre a encosta da cordilheira dos Andes e a estepe Patagônica, para verificar possíveis alterações anatômicas que permitam a determinação de tendências e elucidem os limites de distribuição das espécies. Foram coletadas amostras não destrutivas de lenho durante três expedições para a Patagônia entre 2012 e 2014, seguidas de procedimentos laboratoriais de confecção de lâminas histológicas, preparo de amostras para análises dendrocronológicas, captura de imagens com câmeras acopladas a microscópios óptico e eletrônico de varredura, mensurações, descrições e análises comparativas com o auxílio de softwares. Foram identificados caracteres anatômicos exclusivos de sítios secos e úmidos que permitiram a caracterização, posicionamento ao longo do gradiente de precipitação e agrupamento de espécies xerófitas e mesófitas; A ultra-estrutura das pontuações de traqueídeos de *Araucaria araucana* apresentou diferenças marcantes na frequência e porosidade de suas membranas, sendo maior e menos porosas em sítios xéricos, e menor e mais porosas nos méxicos; a chave dicotômica microscópica permitiu a identificação das 32 espécies arbustivas, as espécies *Chuquiraga oppositifolia* e *Nothofagus antarctica* apresentaram potencial dendrocronológico, e foram identificadas tendências anatômicas latitudinais influenciadas pelo clima nos extremos da América do Sul. A anatomia do lenho se mostrou uma ferramenta confiável no estudo de um gradiente de precipitação na Patagônia argentina, e os resultados apontam para riscos de embolismos e morte induzida por falha no sistema hidráulico de *Araucaria araucana* ao longo de todo o gradiente, em função do atual cenário climático, e suas projeções em médio e longo prazos.

Palavras chave: Neuquén; Anéis de crescimento; Mudanças climáticas; Plasticidade anatômica; Microscopia eletrônica de varredura

ABSTRACT

Ecological wood anatomy of shrub and tree species that occur naturally in forests under drastic precipitation gradient in northwestern Patagonia, Argentina

The use of environmental gradients in plant communities studies allows the election of sites with predominance of an abiotic factor that determines the success or failure of species along its length. Among the numerous tools used in the study of climatic gradients, highlights the wood anatomy, which is a branch of biological sciences that allows us to analyze, besides the spatial aspects, the temporal aspects of the sites due to the presence of growth rings. Furthermore, the wide distribution of woody plants throughout the world allows analysis in virtually all terrestrial biomes. Within this context are the Andean-Patagonian forests of *Araucaria Araucana* (Pehuén) in its north distribution in Argentina. These forests occupy territories characterized by a drastic precipitation gradient, ranging from about 3000 to 100 millimeters per year, between the mountain range of the Andes and the Patagonian steppe, which defines them as mesic and xeric forests, with ecological differences that determine the vegetation type, its dynamics, structure, relationships with climate and vulnerability in environmental change scenarios. The aim of the project was to describe and comparatively analyze the wood anatomical structure of 33 tree and shrub species that occurs along a precipitation gradient, between the slope of the Andes and the Patagonian steppe, and identify possible anatomical changes that allow the determination of trends and elucidate the species distribution limits. nondestructive wood samples were taken during three expeditions to Patagonia between 2012 and 2014, followed by laboratory procedures of histological slides confection, sample preparation for dendrocronological analysis, picture capturing with cameras attached to optical and scanning electron microscopes, measurements, descriptions and comparative analysis through software. exclusive characters of wet and dry sites were identified and allowed the characterization, positioning along the precipitation gradient and grouping as xerophytes or mesophytes; *Araucaria araucana* tracheids pits ultrastructure showed significant differences in frequency and porosity of its membranes, being higher and less porous in xeric sites, and lower and more porous in mesic; microscopic dichotomous key allowed the identification of 32 shrub species, *Chuquiraga oppositifolia* and *Nothofagus antarctica* showed dendrocronological potential; Latitudinal anatomical trends were identified influenced by the climate at the extremes of South America. The wood anatomy proved to be a reliable tool in the study of a precipitation gradient in Patagonia, and the results points to potential embolisms followed by death induced by hydraulic system failure in *Araucaria araucana* throughout the gradient, due to the current climate scenario, and its projections in mid and long terms.

Keywords : Neuquén; Growth rings; Climate change; Anatomical plasticity; Scanning electron microscopy

1 INTRODUÇÃO

Estudos em ecologia de comunidades vegetais utilizam escalas temporais e espaciais para descrever padrões de diversidade, abundância e distribuição de organismos na natureza. Uma forma de abordar esse tema numa escala espacial local se dá por meio do estudo de gradientes ambientais ou ecológicos, ou seja, ambientes com diferenças graduais em uma ou mais variáveis abióticas, e livres de grandes barreiras ao longo de sua extensão (GIANUCA, 2012).

A opção por utilizar gradientes ambientais no estudo de comunidades vegetais possibilita a eleição de sítios onde haja a predominância de um fator abiótico que determina o sucesso ou o fracasso de espécies ao longo de sua extensão, como por exemplo, a precipitação, a temperatura do ar etc (LEIBOLD et al., 2004). Isso facilita a obtenção e interpretação dos dados, uma vez que a restrição no número de variáveis direciona o desenho metodológico para uma maior eficiência e eficácia no campo e laboratório.

Entre as inúmeras ferramentas utilizadas no estudo de gradientes ambientais, sobretudo gradientes climáticos, se destaca a anatomia do lenho, pois, é um ramo da ciência que permite analisar, além dos aspectos espaciais, os aspectos temporais dos sítios. Isso é possível uma vez que um grande número de espécies de plantas lenhosas são organismos longevos e armazenam, com resolução anual, na estrutura de seu lenho dados importantes sobre as condições de crescimento e condições ambientais do sítio onde se desenvolveram. Além disso, a ampla distribuição das plantas lenhosas ao longo do globo possibilita análises em praticamente todos os tipos biomas e ecossistemas terrestres (SCHWEINGRUBER, 1996).

Baas e Miller (1985) apontam para um erro comum nas publicações sobre anatomia ecológica em função da confusão entre: plasticidade fenotípica, associada a diferentes condições de crescimento, por exemplo, latitude, longitude, altitude, tipo de solo, precipitação, temperatura etc, e características pouco afetadas pela sazonalidade climática e condições de crescimento em geral, ou seja, características anatômicas genotípicas, relacionadas a estratégias adaptativas que levaram à diversidade de caracteres anatômicos entre espécies, gêneros, famílias ao longo da evolução.

Essa dualidade na expressão dos caracteres confere à anatomia do lenho a possibilidade de utilizá-los para descrever e identificar espécies, além de permitir o estudo da plasticidade anatômica ao longo de gradientes climáticos, uma vez que a habilidade de um genótipo em ajustar um fenótipo durante a vida de uma árvore é resultado de respostas fisiológicas em curto e longo prazo à variabilidade climática, permitindo que se façam leituras e inter correlações com distintas áreas do saber, como a arqueologia, a climatologia, a ecologia etc. Isso faz da dendroecologia ou anatomia ecológica do lenho, uma ciência multidisciplinar que contribui para a compreensão de eventos ocorridos no passado, descrição do presente e predição do futuro (FONTI, 2010).

Os gradientes climáticos incidem sobre a dinâmica e distribuição dos ecossistemas continentais, porém, para muitos ecossistemas não está claro como se expressam essas modificações, pois, não se têm informações suficientes sobre sua biodiversidade, dinâmica de crescimento, estrutura etc. Tampouco se conhece como os processos de mudanças climáticas repercutiriam sobre esses gradientes e conseqüentemente sobre os ecossistemas ali desenvolvidos. Um exemplo dentro desse contexto são os bosques andino-patagônicos de *Araucaria araucana* (Pehuén) ao norte de sua distribuição na Argentina. Esses bosques ocupam territórios caracterizados por um acentuado gradiente de precipitação, que vai de cerca de 3000 a 100 milímetros anuais, entre a cordilheira do Andes e a estepe Patagônica, que os define como bosques méxicos e xéricos, com diferenças ecológicas que condicionam o tipo de associação vegetal, sua dinâmica, estrutura, relações com o clima e vulnerabilidade em cenários de mudanças ambientais.

Nas últimas décadas se observam tendências de aumento na temperatura média do ar e diminuição na precipitação anual, associados a um incremento no uso da terra. Tudo isso tem ou terá efeito direto sobre esses ecossistemas, prejudicando sua regeneração, crescimento e sanidade, potencialmente aumentando sua vulnerabilidade e debilitando sua sustentabilidade e conservação. Contudo, estudos sobre anatomia ecológica e dinâmica influenciados pelos gradientes de precipitação e por recentes mudanças climáticas e no uso da terra são pouco conhecidos (ROIG e VILLALBA, 2008).

O presente projeto foi elaborado a partir da constatação da demanda e potencial da anatomia do lenho, sob abordagem ecológica, como ferramenta na

identificação de características típicas de sítios secos e úmidos e suas relações com o cenário climático atual, fornecendo parâmetros para a compreensão de seus efeitos, em curto e longo prazo, nos distintos ambientes em que estão inseridos os bosques de *A. araucana* no Noroeste da Patagônia argentina.

1.1 Objetivos gerais

Descrever e analisar comparativamente a estrutura anatômica do lenho de espécies arbóreas e arbustivas ocorrentes ao longo de gradientes de precipitação, entre a encosta da cordilheira dos Andes e a estepe patagônica, para verificar possíveis alterações anatômicas que permitam a determinação de tendências e elucidem os limites de distribuição das espécies.

1.2 Objetivos específicos

Fazem parte desses objetivos: i) Identificar características anatômicas fenotípicas e genotípicas ao longo do gradiente através da estrutura microscópica do lenho; ii) Analisar comparativamente a estrutura anatômica dos anéis de crescimento em árvores e arbustos para verificar possíveis alterações anatômicas induzidas por mudanças climáticas recentes; iii) Determinar o potencial dendrocronológico das espécies através da estrutura e descrição dos tipos de anéis de crescimento e construção de cronologias curtas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Anatomia ecológica

A anatomia do lenho vem passando por distintas fases ao longo de sua história que se iniciou no século 17, quando Robert Hooke descreveu o conceito de célula ao analisar uma lâmina feita à mão de uma rolha de cortiça (*Quercus suber*) com o auxílio de lentes de aumento. Suas novas fases e avanços a partir daí se deram concomitantemente aos avanços nas áreas da microscopia, desenvolvimento de técnicas histológicas e o crescente interesse da comunidade científica (MAITI et al, 2012).

A anatomia ecológica é um ramo recente da botânica que relaciona os efeitos do clima e do sítio nas estruturas anatômicas das plantas. Ela surgiu a partir do cruzamento de informações entre a taxonomia e a ecologia, na busca de entender processos evolutivos e tendências adaptativas das plantas relacionadas a características do clima e do sítio, como precipitação, temperatura, altitude, latitude etc (CUTTER, 1978).

Essa nova abordagem complementa os estudos de filogenia e evolução, uma vez que fornece informações sobre as condições climáticas do passado e aponta as tendências na estrutura anatômica relacionadas a essas condições. Dessa forma, é possível entender de forma mais plausível o processo de especiação, colonização e expansão dos biomas e fazer reconstruções e previsões sobre a flora terrestre. Existem diversas escalas e especializações nessa ciência, e uma delas é a anatomia ecológica da madeira (BAAS, 1976).

Um dos grandes precursores de estudos em anatomia ecológica foi Sherwin Carlquist, que dedica quase toda a sua carreira em busca de descrever e apontar características anatômicas do lenho relacionadas com a evolução e adaptação às mais diversas condições ambientais encontradas no planeta.

Atualmente, inúmeros pesquisadores veem dando continuidade às pesquisas e apontando tendências seguras sobre a organização anatômica do lenho em condições diversas.

Carlquist & Hoekman (1985) verificaram que há uma tendência dos elementos vasculares, como vasos e traqueídeos se tornarem mais estreitos e agrupados

quanto menor for a precipitação no local e mais largos e solitários em ambientes úmidos. Baas & Schweingruber (1987) descrevem uma maior presença de espécies com placa de perfuração escalariforme em regiões temperadas ou em maiores altitudes, assim como a presença de espessamentos espiralados (CARLQUIST, 1966).

Carlquist (1975, 1977) apresenta uma relação inversamente proporcional entre o diâmetro dos vasos e o número de vasos por milímetro quadrado para espécies lenhosas. Em ambientes mais quentes e úmidos há tendência de vasos largos, pouco numerosos, solitários e curtos, abundância de parênquima axial, raios finos, presença de extrativos e depósito nos vasos. Em ambientes frios e secos há tendência de vasos estreitos, longos, muito numerosos, presença de traqueídeos associados a vasos, raios largos, escassez ou ausência de parênquima axial etc.

2.2. Patagônia argentina

A Patagônia argentina é uma região situada no extremo sul da América do Sul, a partir de 39 °S a 55 °S. Este território estende-se desde os Andes até o Oceano Atlântico. Ele pode ser dividido em duas sub-regiões: a região da Cordilheira dos Andes e as estepes da Patagônia (ou região extra-andina). A geomorfologia da Patagônia extra-andina apresenta um relevo muito variado, incluindo vastas planícies, planaltos, planícies e montanhas. Esta região inclui várias formações vulcânicas, como os afloramentos do embasamento cristalino e sedimentos marinhos e continentais (LEON et al, 1998). Por outro lado, a Cordilheira dos Andes na Patagônia, é caracterizada por intensa modelagem criogênico/geleira, resultando em grandes vales em U, circos glaciares e picos muito afiados.

Padrões climáticos prevalentes na Argentina a partir dos 33° a 55° S mostram padrões de variação espacial e temporal, em parte explicada pela influência de uma mesma atmosfera, mas também pelas condições topográficas e oceânicas (ROIG e VILLALBA, 2008). Uma das influências topográficas mais importantes é a presença dos Andes, que desempenha um papel crucial na determinação do clima patagônico. Assim, a distribuição norte-sul das montanhas impõe uma barreira significativa para a passagem de massas de ar úmidas do Oceano Pacífico, também chamado de correntes ocidentais. Grande parte da umidade a partir dessas massas de ar é reduzida no setor continental chileno e,

consequentemente, começa a secar o ar através de um processo de aquecimento adiabático ao descer para as costas orientais da Cordilheira dos Andes, ou seja, no lado argentino. Portanto, a chuva diminui de oeste para leste, a partir de 3.000 milímetros no topo da Cordilheira dos Andes, para menos de 500 milímetros apenas 80 km a leste das montanhas, já na estepe, demarcando um drástico gradiente de precipitação (BARROS et al, 1983; ROIG e VILLALBA, 2008). A maior percentagem desta precipitação concentra-se nos meses de inverno (NUÑEZ et al, 2008), que seriam ligados à sazonalidade do ingresso de perturbações ciclônicas, que no inverno e procedentes do Oceano Pacífico, descarregam sua umidade em forma de chuva e neve no lado ocidental da serra e nas partes superiores do setor leste (Argentina). Nos meses de primavera e verão a mudança da alta pressão do Pacífico em direção a latitudes mais altas limita a entrada de massas de ar úmidas no norte da Patagônia (Neuquén), influenciando o balanço hídrico da região produzindo um déficit hídrico nos últimos meses. Estes mecanismos influenciam a precipitação interanual, também conhecida como alta frequência (GARREAUD e ACEITUNO, 2007).

Na região Noreeste da Patagônia, onde há distribuição natural de *A. araucana*, a temperatura média anual é de 12,4°C, enquanto a temperatura média no mês mais quente (janeiro) é de 19,8°C e no mês mais frio (julho) é de 5,1°C (DE FINA, 1972). O aporte de umidade proveniente de massas que ultrapassam os picos menos elevados, e o comportamento da temperatura, levam ao surgimento de um clima claramente temperado úmido no seu limite ocidental com o Chile e mais seco e árido à medida que avançamos para o leste.

Outro fator que influencia a variabilidade climática em escalas de tempo de longo prazo, definidas como baixa frequência, relacionado a um fenômeno que além de produzir impactos em nível global, induz situações de variabilidade interanual nas condições climáticas da Patagônia, é o fenômeno do El Niño Oscilação Sul (ENOS). Durante o El Niño o aquecimento das regiões tropicais dos oceanos Pacífico e Índico leva ao deslocamento de grandes massas de ar úmido, causando uma redistribuição massiva nos regimes climáticos (DIAZ e MARKGRAF, 2000). Nos anos de El Niño, fortes nevascas ocorrem na região andina central (ACEITUNO, 1988) e com uma influência deslocada por vários meses, há um aumento dos valores da temperatura no verão no Noroeste Patagônia, causando condições mais quentes e estresse hídrico (DIAZ e MARKGRAF, 2000). Esta situação tem sido associada a eventos de

incêndios na Patagônia (GONZALEZ e VEBLEN, 2006; KITZBERGER e VEBLEN, 2003; VEBLENet al, 1999).

Para vincular o clima na Patagônia com o que está acontecendo na região da Antártida, basta analisar um indicador da variabilidade da circulação atmosférica extra- tropical chamado de Modo Anular do Hemisfério Sul (SAM) ou Oscilação Antártica.

Esse índice que descreve aproximadamente 35 % da variabilidade climática total no Hemisfério Sul e é a previsão diária de anomalias de altura geopotencial em 700 hPa ao sul de 20° (MARSHALL 2003, 2007). Durante a fase positiva da SAM existe uma associação entre a diminuição da pressão de superfície na altura geopotencial sobre a Antártica e um reforço e mudança em direção às correntes ocidentais. Isto significa que uma fase positiva do índice SAM representa uma persistente escassez de água no norte Patagônia. As condições opostas prevalecem durante a fase negativa (GARREAUDet al, 2009).

O gradiente de precipitação entre as encostas ocidentais e orientais da Cordilheira dos Andes leva a uma distribuição exclusiva de vegetação, onde você pode ver um mosaico de comunidades vegetais de acordo com suas exigências ecológicas e de acordo com o tipo de solo, umidade, exposição nas encostas, o vento e outros fatores ambientais, limitantes (GANDULLO, 2003; ROIG e VILLALBA, 2008). No Noroeste da Patagônia, diferentes comunidades vegetais têm sido reconhecidas, as quais estão vinculadas a diferentes condições de temperatura e umidade (CONTICELLO et al, 1997; GANDULLO, 2003; GANDULLO e FAGGI, 2003; GANDULLO e FAGGI, 2005; GANDULLO et al, 2001; GANDULLO et al, 2004; PEÑA e GANDULLO, 2003; PEÑA et al, 2008; PEÑA et al, 2004; WEINBERGER, 1973; WEINBERGER, 1977). No gradiente úmido-seco que se estabelece entre os Andes e a estepe patagônica à Noroeste da Patagônia argentina, estão localizados bosques xerófilos, mesófilos e higrófilos (ROIG , 1998). Numerosas sintaxas da vegetação foram reconhecidas, em particular os bosques de *Nothofagus* (ESKUCHE, 2002), e em menor quantidade os bosques mesófilos e xerófilos de *Araucaria araucana* (GANDULLO, 2003; ROIG e ROIG, 1994). Em relação aos bosques xerófilos, estes estudos identificaram as associações *Adesmio-Araucarietum* y *Festuco scabriusculae-Araucarietum araucanaese*. Ambas as associações são constituídas por grupos de Pehuén instalados em afloramentos rochosos que convivem em mosaico com a estepe patagônica de *Festuca*

scabriuscula. Tanto o Adesmio-Araucarietum y Festuco-scabriusculae-Araucarietum araucanaese tem diferenças com as outras associações de ambientes mais úmidos onde ocorre o Pehuén. O número de espécies se reduz a 50% e dessa porcentagem, 60% correspondem a elementos típicos da estepe como o caso das herbáceas *Poa ligularis*, *P. tristigmatic*, *Festuca scabriuscula*, *F. pallescens*, *Mulinum spinosum*, *Eryngium paniculatum*, ou lenhosas como *Chusquea culeou*, *Schinus patagonicus*, *Adesmia boronioides* etc. Ambas as associações apresentam fortes características de xericidade, as quais também refletem em menor tamanho das árvores e cobertura do solo. Entretanto, apresentam uma baixa capacidade de multiplicação, com frequência somente agâmica originada por gemas adventícias radiculares. Esses bosques estepários se encontram em desequilíbrio com o meio, e foram listados para conservação (ROIG e VILLALBA, 2008; HADAD e MARTÍNEZ CARRETERO, 2009).

2.3 Dendroclimatologia e mudanças climáticas

A palavra dendrocronologia tem origem grega e significa estudo do tempo através das árvores, ou seja, é um ramo da anatomia da madeira que utiliza a estrutura dos anéis de crescimento na datação de árvores, reconstruções climáticas, históricos de incêndios, avalanches, atividades vulcânicas, manejo florestal, etc. (SCHWEINGRUBER, 1988; TOMAZELLO FILHO et al., 2000; CORONA, 1986).

Um dos ramos mais desenvolvidos e importantes da dendrocronologia é a dendroclimatologia, ou seja, o estudo temporal do clima através de informações contidas nos anéis de crescimento. Há grandes vantagens na utilização de árvores em estudos climáticos, como: i) Sua longevidade, pois, as árvores são os seres vivos mais longevos da terra, algumas espécies alcançam idades de 4900 anos (*Pinus aristata*), 3200 anos (*Fitzroya cupressoides*) etc; ii) Sua capacidade de armazenar na estrutura do lenho dados importantes sobre suas condições de crescimento e condições ambientais do sítio onde se desenvolveram, em grande número de espécies com resolução anual; iii) Ampla distribuição ao longo do globo terrestre, possibilitando análises em todos os tipos de ambientes (SCHWEINGRUBER, 1996); iv) Outra característica importante relacionada à madeira é o seu elevado potencial de preservação natural, que pode alcançar dezenas de milhares de anos em condições adequadas, como, turfas, madeira submersa, soterrada e congelada. Se

compararmos esse potencial com estruturas como folhas, frutos e flores fica evidente a sua importância (METCALFE e CHALK, 1983).

Reconstruções climáticas realizadas através de anéis de crescimento de árvores da patagônia argentina e chilena mostram que há uma tendência de acréscimo nas temperaturas médias anuais, tendo os últimos 80 anos como os mais quentes dos últimos 400 anos, cerca de $0,5^{\circ}\text{C}$ (ROIGeVILLALBA, 2008), e diminuição da precipitação nos últimos 100 anos (BONINSEGNA et al, 2009).

Morales et al (2012) demonstram que o aumento nas taxas de CO_2 , e outros gases de efeito estufa, desde o início da revolução industrial está servindo como um amplificador das secas em florestas Andinas, pois, alteram a frequência e intensidade das correntes de ar responsáveis por trazer umidade para a cordilheira dos Andes. Wagner et al (2012) apontam para outro grande problema relacionado com as taxas de CO_2 , ao demonstrarem que há uma relação entre aumento da temperatura do ar próximo a superfície e o aumento das concentrações de CO_2 em todas as latitudes da América do Sul, mas com efeito drástico nos Andes.

Choat et al (2012) vão ainda mais afundo ao afirmarem que alterações nos padrões de precipitação e aumento das temperaturas associados com mudanças climáticas serão os responsáveis pelo declínio de grandes áreas de florestas em regiões onde há previsão de secas prolongadas e severas. A falha do sistema hidráulico causada pela cavitação induzida por seca e conseqüente embolismo ameaçará 70% de 226 espécies florestais analisadas em 81 sítios espalhados pelo mundo. Essas espécies foram categorizadas como vulneráveis em função de apresentarem baixa margem de segurança hidráulica (1 megapascal), ficando expostas a eventos prolongados de stress hídrico. Esse cenário é alarmante, uma vez que há hoje uma associação entre alterações climáticas de origem antrópica com alterações climáticas naturais periódicas, amplificando sua expressão e os riscos que advém das mesmas.

2.4 Conceitos em ecologia e fisiologia vegetal

Biomass xéricos: São ambientes naturais que possuem regime de precipitação anual menor ou igual 250 milímetros. É o maior bioma da terra, ocupando cerca de 19% da superfície continental do planeta. Engloba ambientes secos e quentes, como os desertos, savanas, a caatinga, bosques mediterrâneos, quanto ambientes secos

e frios como os bosques estepários da Patagônia argentina. Sua vegetação predominante é arbustiva e herbácea, com algumas formações florestais pouco adensadas (OLSON et al, 2001).

Biomias méxicos: São ambientes naturais com precipitações entre 250 e 3000 milímetros anuais. Englobam áreas de extrema diversidade biológica, como parte das florestas tropicais e subtropicais, florestas temperadas do hemisfério norte etc. Sua vegetação é predominantemente arbórea, com bosques e florestas adensadas (OLSON et al, 2001).

Cavitação induzida por frio: É um fenômeno de mudança de estado da água dentro de tecidos vasculares em plantas, onde passa de líquido para gasoso. Isso ocorre, pois, o oxigênio se torna insolúvel em baixas temperaturas, portanto, quando há congelamento de solutos inorgânicos dentro de elementos vasculares há formação de bolhas de ar. Quando esse soluto congelado volta para o estado líquido pode haver um rompimento das bolhas de ar quando a pressão interna do elemento for maior que a tensão superficial da bolha de ar. Com o rompimento da bolha de ar há uma expansão do mesmo e uma quebra na coluna de água e conseqüente falha hidráulica nessa linha vascular (LENS, 2013).

Cavitação induzida por stress hídrico: É um fenômeno de mudança de estado da água dentro de tecidos vasculares em plantas, onde passa de líquido para gasoso. Isso ocorre em função de pressões negativas dentro de elementos vasculares decorrentes da maior taxa de evapotranspiração em relação à absorção de água em períodos de estiagem. O vapor d'água gerado dentro dos elementos vasculares causa a quebra da coluna de água e conseqüente falha hidráulica nessa linha vascular (LENS, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização dos locais de estudo

3.1.1 Localização

A área de estudo desse projeto está compreendida na região Noroeste da Patagônia argentina, província de Neuquén, entre as coordenadas 37°50' e 40°00' de latitude Sul entre 70°30' e 71°30' de longitude Oeste (Figura 1).

Nos períodos de Fevereiro, Abril e Março dos respectivos anos 2012, 2013 e 2014 foram realizadas amostragens de lenho em dois gradientes de precipitação, a saber: i) Na altura do Parque Provincial Copahue/Hualcupén/Chenque Pehuén, em sítios denominados Las Lecheras, Rio Ágrio, Guardaparque e Chenque Pehuén; ii) Na região dos lagos, nas localidades de Primeros Pinos, Moquehue e Rucachoroi, em sítios denominados Primeros Pinos, Verde Chico, Valle el Salvo 1, Valle el Salvo 2, Lonco Luan e Rucachoroi.

As coordenadas dos sítios amostrados estão apresentadas na tabela 1. A seleção dos sítios de amostragem no gradiente foi feita de acordo com critérios de otimização de tempo e custos em relação às necessidades impostas pelos distintos estudos previstos nesse projeto.

Figura 1-Mapa de precipitação e localização dos sítios em Neuquén, Argentina.

Tabela 1 -Coordenadas dos sítios

Sítios	Coordenadas		
	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Río Ágrio	37°50'02.60" S	70°58'38.60" W	1594
Caviahue	37°51'08.98" S	71°02'05.35" W	1659
Las Lecheras	37°58'32.61" S	71°02'13.17" W	1640
Chenque Pehuén	38°05'59.90" S	70°52'36.30" W	1653
Primeros Pinos	38°53'04.88"S	70°34'34.57" W	1690
Verde Chico	38°56'33.00"S	71°23'12.00" W	1690
Valle el Salvo 1	38°56'03.60" S	71° 25' 14.00" W	1294
Valle el Salvo 2	38° 56' 48.10" S	71°23' 57.80" W	1218
Lonco Luan	38° 56' 04.00" S	70° 53' 33.00" W	1580
Rucachoroi	39° 19' 07.00" S	71° 12' 44.50" W	1507

3.1.2 Clima, Solos e Vegetação

O clima do noroeste da Patagônia argentina é classificado como temperado úmido, apresentando temperatura média anual é de 12,4°C, e precipitação média anual de 700mm, variando entre 3000mm nas encostas da cordilheira a 100mm na estepe patagônica ao leste da província de Neuquén (DE FINA, 1972).

Os solos dessa região, em sua maioria, são formados a partir de material vulcânico provenientes do terciário e permiano-triássico. Esses solos pertencem às ordens dos Andossolos e Entissolos. Os Andossolos são solos escuros (seu nome deriva de fonemas japoneses “an” que significa negro, e “do” que significa solo), desenvolvidos a partir de depósitos vulcânicos como cinzas, pedra pome e lava. São férteis, por ocorrerem em zonas sub-úmidas e úmidas. Sua mineralogia é composta de material com pouco ordenamento cristalino e amorfo.

Os Entissolos são solos jovens, com até 30% de material rochoso, formados a partir de material aluvial. São solos pobres em matéria orgânica e com pouca estrutura, pois, são frequentemente soterrados por novas camadas de material aluvial, geralmente carregado pelo vento (USDA, 1999).

A vegetação do Noroeste da Patagônia é composta por bosques puros ou mistos de *Araucaria araucana*, *Nothofagus pumilio*, *Nothofagus Antarctica* e *Austrocedrus chilensis* em sua porção mais úmida e próxima da cordilheira dos Andes, e vegetação estepária ao leste, composta por pequenos arbustos e gramíneas. Ferreyra et al (1998) descrevem para a região 216 espécies de plantas vasculares, divididas em 114 gêneros e 48 famílias. Os gêneros com maior número de espécies são: *Senecio* (19), *Nassauvia* (9), *Acaena* (7), *Adesmia* (6), *Perezia* (6) e *Valeriana* (6). As espécies mais frequentes nas áreas amostradas são: *Poa tristigmatica* (67 %), *Luzula chilensis* (63 %), *Gaultheria pumila* (61%), *Cerastium arvense* (58 %) e *Senecio julietii* (48 %).

3.1.3 Descrição dos sítios e posição no gradiente de precipitação

A patagônia argentina apesar de ser uma área de grande interesse científico, com grandes projetos de pesquisa nas áreas da arqueologia, nivologia, palinologia, dendrocronologia, entre outros, é carente de dados climáticos instrumentais precisos, devido a dificuldades de instalar e manter estações meteorológicas em

áreas remotas e com grande acúmulo de neve durante a maior parte do ano. Dessa forma, há poucas estações climáticas, e grande parte dos dados climáticos utilizados em estudos provém de dados indiretos, ou proxy dados, muitos deles obtidos através de reconstruções climáticas feitas a partir de anéis de crescimento de árvores. Todo esse contexto torna difícil a obtenção de dados climáticos instrumentais pontuais para descrever os sítios, muito embora seja possível utilizar outras ferramentas confiáveis para esse fim.

Entre as ferramentas utilizadas estão: i) Cronologias de anéis de crescimento de árvores presentes no local que permitem determinar taxas de crescimento e fazer correlações com dados climáticos regionais para reconstruções climáticas; ii) Tipo de formação florestal. *Araucaria araucana* ocorre naturalmente em bosques densos puros, bosques densos mistos com *Nothofagus pumilio*, associada a afloramento de basalto em grupos pequenos, pouco adensados etc. Quanto mais denso e extenso são os bosques, maior é o regime de chuvas e conseqüente disponibilidade de água no local ao passo que bosques ou grupos de árvores pequenos, associados a afloramento de rochas denotam pouca chuva e conseqüentemente menor disponibilidade de água. iii) A vegetação arbustiva do sub-bosque e do entorno (estepe patagônica) também é um grande indicativo do clima. Plantas de maior porte, folhas grandes, pouco coriáceas, sem espinho, com flores e frutos grandes etc, são indicadoras de ambientes méxicos e climas úmidos. Já arbustos pequenos, afilos ou com muitos espinhos, folhas coriáceas, pequenas, frutos secos, dispersos pelo vento, associados com gramíneas etc, são indicadores de ambientes xéricos. Portanto se utiliza de plantas indicativas para determinar a umidade do local, por exemplo: *Drimys winterii* é uma planta que só ocorre em ambientes méxicos (úmidos). *Chuquiraga oppositifolia* é uma planta típica de ambientes xéricos (secos); iv) Tipo de solos. Solos sem presença de afloramentos rochosos, profundos, geralmente estão associados a sítios úmidos. Já os solos notadamente rasos, com grande quantidade de rochas e minerais expostos são indicativos de clima seco; v) Presença de líquens, como a barba-de-velho (*Usnea barbata*) é um indicativo de ambientes úmidos.

Levando-se em conta o mapa (Figura 1) com a precipitação estimada através do cruzamento de dados de estações climáticas presentes na região, e outras ferramentas mencionadas acima, os sítios foram classificados e ordenados de forma crescente de precipitação ao longo do gradiente da seguinte forma:

i) Sítios xéricos, com precipitação menor que 250 milímetros anuais: Estepa (Figura 2), Primeros Pinos (Figura 3), Rio Ágrio (Figura 4), Chenque Pehuén (Figura 5); ii) Sítios méxicos intermediários, com precipitação entre 250 e 2000 milímetros anuais: Lonco Luan (Figura 6), Caviahue (Figura 7), Las Lecheras (Figura 8), Rucachoroi (Figura 9); iii) Sítios méxicos mais úmidos, com precipitação maior que 2000 milímetros anuais: Valle el Salvo 1 (Figura 10), Valle el Salvo 2 (Figura 11) e Verde Chico (Figura 12).

Figura 2 - Sítio Estepa patagônica, Março de 2014.

Figura 3 - Sítio Primeros Pinos, Fevereiro de 2012.

Figura 4 - Sítio Rio Ágrio, Fevereiro de 2012.

Figura 5 - Sítio Chenque Pehuén, Fevereiro 2012.

Figura 6 - Sítio Lonco Luan, Abril de 2013.

Figura 7 - Sítio Caviahue, Abril de 2013.

Figura 8 - Sítio Las Lecheras, Abril de 2013.

Figura 9 -Sítio Rucachoroi, Abril de 2014.

Figura 10 - Sítio Valle el Salvo 1, Março de 2014.

Figura 11 - Sítio Valle el Salvo 2, Março de 2014.

Figura 12: -Sítio Verde Chico, Março de 2014.

3.2 Metodologia de amostragem

Foram realizadas amostragens de indivíduos arbóreos de grande porte e arbustivos através de metodologia não destrutiva. Mesmo nos pequenos arbustos estepários foram coletadas amostras de ramos, evitando a supressão desnecessária dos indivíduos (Figura 13).

Figura 13 - Amostragem de ramos de *N. antarctica*.

O fato de amostrar ramos ou caules perfilhados, nas espécies arbustivas, nem sempre implica na perda de algumas características importantes ao estudo dendrocronológico, como o ano de instalação, uma vez que a grande maioria dos indivíduos não possui um caule principal, em função do acúmulo periódico de neve, condicionando o perfilhamento como estratégia para sobrevivência, ao aumentar o número de caules, e conferir suporte para a massa de neve em sua copa. Entretanto, a amostragem de ramos basais ou caules perfilhados implica na necessidade de identificar as porções mais retilíneas e verticais desses arbustos, evitando inserções de ramos e porções tortuosas para minimizar a presença de lenho de tração, aumentando a uniformidade anatômica em toda a sessão transversal e a facilitando a confecção posterior de lâminas histológicas.

As amostras de indivíduos arbóreos foi realizada através de extrator mecânico a gasolina com sonda metálica acoplada, e em alguns casos trados manuais (sonda

de Pressler). Os arbustos estepários e arbustos de grande porte foram amostrados respectivamente com tesouras de poda e serrotes.

As amostras arbustivas foram identificadas ainda em campo pelos respectivos números de depósito da Xiloteca FRJ localizada na sede do CCT em Mendoza, Argentina.

Para cada indivíduo arbustivo amostrado foram coletados ramos, de preferência reprodutivos, para posterior identificação das espécies em herbário e especialistas em flora patagônica. Essas exsicatas serão depositadas no MERL (Herbário Ruiz Leal), localizado na sede do IADIZA no CCT em Mendoza, Argentina, após sua devida identificação. Os números dos respectivos depósitos da xiloteca constarão como observação nas exsicatas para futuras consultas.

3.3 Lista de espécies coletadas

Nas três campanhas realizadas entre 2012 e 2014, foram coletadas cerca de 300 amostras de lenho de espécies arbustivas e arbóreas. Entre essas amostras encontram-se identificadas 32 espécies, a saber, *Schinus roigii* Ruiz Leal & Cabrera, *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch, *Baccharis patagonica* Hook. & Arn., *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers., *Baccharis neaei* DC., *Chiliotrichium diffusum* (G. Forst.) Kuntze, *Chuquiraga oppositifolia* D. Don, *Senecio neaei* DC., *Berberis microphylla* G. Forst., *Berberis ilicifolia* Roxb., *Berberis empetrifolia* Lam., *Empetrum rubrum* Vahl ex Willd., *Gaultheria mucronata* (L. f.) Hook.&Arn., *Adesmia boronioides* Hook. f., *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst., *Lomatia hirsuta* (Lam.) Diels, *Discaria nana* (Clos) Benth. & Hook. ex Weberb., *Ochetophila trinervis* (Gillies ex Hook. & Arn.) Poepp. ex Endl., *Fabiana imbricata* Ruiz & Pav., *Solanum valdiviense* Dunal, *Senecio gnidioides* Phil., *Nardophyllum bryoides* (Lam.) Cabrera, *Maytenus chubutensis* (Speg.) Lourteig, O'Donnell & Sleumer, *Maytenus disticha* (Hook. f.) Urb., *Anarthrophyllum rigidum* (Gillies ex Hook.& Arn.) Hieron., *Berberis trigona* Kunze ex Poepp. & Endl., *Gaultheria phillyreaefolia* (Pers.) Sleumer, *Stillingia patagonica* (Speg.) Pax & Hofmeist., *Colletia hystrix* Clos., *Azara microphylla* Hook. f., *Berberis montana* Gay, *Escallonia virgata* (Ruiz & Pav.) Pers e *Escallonia alpina* Poepp. ex DC.

Essas amostras estão distribuídas em 15 famílias botânicas, a saber, Anacardiaceae, Asteraceae, Berberidaceae, Araucariaceae, Rhamnaceae,

Ericaceae, Proteaceae, Fabaceae, Nothofagaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae, Escalloniaceae, Salicaceae, Celastraceae e Winteraceae.

3.4 Preparo das amostras de lenho

As amostras de lenho foram identificadas no campo através de códigos de depósito na Xiloteca do IANIGLA (FRJ), e acondicionadas em sacos plásticos. Em seguida foram cortadas e acondicionadas em bolsas plásticas tipo ziplock (amostras grandes) ou frascos plásticos herméticos. Foram adicionadas algumas gotas de FAA para evitar a proliferação de fungos até seu envio ao Brasil para posterior confecção de lâminas histológicas.

As amostras coletadas com trados mecânicos ou manuais (baguetas) foram acondicionadas em tubos plásticos e identificadas com códigos referentes aos sítios de amostragem, nome da espécie e data de coleta. Após transporte ao Brasil, foram coladas em suporte de madeira e posteriormente polidas em micrótomo de deslize, ou séries de lixas, para obtenção de imagens escaneadas dos anéis de crescimento.

Parte das amostras de *Araucaria araucana* foi preparada para ensaios em microscopia eletrônica de varredura. Essas amostras foram secas através de série alcoólica crescente em concentrações de 20%, 30%, 50%, 80%, 92.4% e Álcool absoluto. Cada amostra ficou submersa por um minuto e trinta segundos em cada concentração alcoólica, e em seguida foram acondicionadas em frascos plásticos com vedação hermética.

Para visualização das pontoações dos traqueídes foi necessário expor o tecido no plano radial de orientação. Para tal, optou-se por realizar uma fratura orientada (*split*) no corpo de prova com o auxílio de um bisturi e um leve golpe de martelo. Essa técnica foi considerada mais adequada para visualização de membranas de pontoações em relação a um corte direcionado em micrótomo de deslize, pois, danifica menos o tecido, aumentando a possibilidade de obtenção de imagens com maior qualidade das pontoações.

A desvantagem desse método é a presença de muitos pedaços de parede celular no corpo de prova, uma vez que sofreu uma fratura no tecido por impacto. Fotografias em pequenas magnificações ficam prejudicadas, mas se privilegia a integridade das pontoações.

A técnica empregada no preparo dessas amostras não seguiu nenhum método descrito na literatura.

3.5 Caracterização da estrutura microscópica do lenho

Preparo e montagem das lâminas histológicas: Em função de características peculiares do material de estudo, sobretudo o diâmetro reduzido das amostras (Figura 14), as lâminas histológicas para a avaliação da estrutura microscópica do lenho foram obtidas seguindo a seqüência: (i) orientação, amolecimento em água quente + glicerina e corte de tecido do plano transversal em espessuras de 12-18µm em micrótomo de deslize da marca LEICA, modelo SM 2000 R; (ii) colagem das amostras em suporte de madeira utilizando adesivo à base de cianoacrilato no sentido axial, para posterior corte dos planos tangencial e radial; (iii) amolecimento dos caules em água quente + glicerina por 2-3 horas; (iv) cortes histológicos do planotangencial, seguido de desbaste até a região da medula (centro do caule) para posterior corte do plano radial em espessuras de 12-18 µm; (v) armazenamento dos cortes histológicos entre lâminas histológicas e papel metálico; (vi) clarificação dos cortes histológicos com água sanitária 20% + água destilada (1:1) em ciclos sucessivos até que a solução se apresentasse translúcida, ou seja, após a remoção dos extrativos; (vii) lavagem dos cortes histológicos em água destilada; (viii) desidratação dos cortes histológicos em álcool (30/50/92,4/100%); (ix) dupla coloração com safranina + alcian-blue (30:70%); (x) desidratação em acetato + álcool (1:1) e, acetato de N-Butila; (xi) seleção dos melhores cortes e montagem em lâmina de vidro com bálsamo de Canadá com uma lamínula (JOHANSEN, 1940; SASS, 1951 adaptado).

Figura 14 - Exemplo do tamanho reduzido e formato das amostras

Dissociação de tecido lenhoso para análise em nível celular do lenho:

Amostras do lenho foram maceradas pelo método do ácido acético-água oxigenada, pelo: (i) corte de finas lascas do lenho; transferidas para tubos de ensaio com água destilada; substituída a água pela solução macerante (ácido acético glacial+água oxigenada 120 vol, 1:1); (ii) transferência dos tubos de ensaio fechados para estufa (60°C, 48 h); (iii) retirada da solução macerante, lavagem do material macerado, adição de água e armazenamento (JOHANSEN, 1940; SASS, 1951). Para estudo da forma e das dimensões das células do lenho foram preparadas lâminas histológicas temporárias através da adição de uma gota de corante safranina + alcian blue (30:70%), uma gota de glicerina e cobrimento com lamínula.

Obtenção de imagens em microscópio óptico e eletrônico: foram obtidas imagens das lâminas permanentes e temporárias em microscópio óptico da marca ZEISS, modelo Axioscope A1 com câmera acoplada e software Axiovision versão 4.8.2 em aumentos de 25, 100, 500 e 1000x.

Para a análise ultra-estrutural das pontoações de *Araucaria araucana* foram feitas imagens em microscópio eletrônico de varredura (SEM) da marca JEOL

modelo JSM-6490LV. As imagens foram feitas no MEByM - Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido y Microanálisis do Centro de Ciência y Tecnologia (CCT) na cidade de Mendoza, província de Mendoza, Argentina.

Análise de imagens e medição de tecidos e células: Foi utilizado para análise de imagens e medições de tecidos e células do lenho o software Image Pro Plus versão 4.5.0.29. Para a análises estatísticas dos dados quantitativos obtidos a partir das imagens, foi utilizado o software Action versão 2.8.

Descrição anatômica microscópica do lenho: a descrição da anatomia do lenho das espécies será conduzida de acordo as normas da IAWA-“List of microscopic feature for hardwood identification” (IAWA-Committee, 1989) e as Normas e procedimentos em estudos da anatomia da madeira (CORADIN et al, 1991).

3.6 Análise dendrocroecológica

Levando em consideração a escolha da precipitação como fator limitante ao crescimento da plantas ao longo do gradiente foi analisada a arquitetura hidráulica do lenho, ou seja, aspectos ligados às células com função vascular (vasos e traqueídes) e seus diferentes arranjos e grupamentos entre espécies e dentro das espécies como medida da estratégia das plantas para enfrentar distintas condições de crescimento em cada sítio e relacionar riscos e vulnerabilidades a eventuais processos de mudanças climáticas.

Através de dados obtidos nas descrições anatômicas do lenho foram analisados alguns caracteres anatômicos do lenho, sobretudo os que sofrem influência direta da precipitação, como: grupamento e arranjo de vasos; presença de traqueídes vasculares evasicêntricos; dimensão e frequência de células e tecidos; estruturas de proteção do sistema vascular etc.

Através de análise comparativa do lenho foi avaliada a plasticidade anatômica em espécies ou gêneros que ocorrem em mais de uma posição no gradiente, portanto, crescem em ambientes distintos no tocante a disponibilidade hídrica.

3.6.1 Análise comparativa do lenho e confecção de chave dicotômica de identificação de espécies arbustivas

Utilizando critérios de seleção de caracteres adaptados de Trevizor (2011), os 163 caracteres anatômicos descritos pela IAWA (1989) foram divididos em duas categorias: i) Com potencial taxonômico, ou seja, caracteres genotípicos, que possuem pouca ou nenhuma plasticidade fenotípica. Esses caracteres diferem dos caracteres com potencial cladístico, propostos por Herendeen & Miller (2000), pois, caracteres homoplásicos, apomórficos e polimórficos podem ter valor taxonômico, sobretudo para a identificação de espécies em nível de população regional; ii) Com potencial para análises ecológicas, ou seja, caracteres com alta plasticidade fenotípica, em especial caracteres cuja variabilidade está condicionada por um fator abiótico dominante.

Após a determinação dos caracteres de valor taxonômico, foram realizadas análises comparativas sucessivas, onde foram descartados os caracteres sem valor taxonômico e os caracteres comuns a todas as espécies estudadas. Em seguida foram separados em níveis hierárquicos os caracteres comuns a famílias, gêneros, até a identificação de caracteres exclusivos que permitam a identificação com segurança de cada uma das espécies.

Após a análise comparativa da estrutura do lenho, as chaves dicotômicas de identificação foram elaboradas levando em conta a subjetividade dos caracteres, ou seja, foram selecionados primeiramente os caracteres mais contrastantes ou divergentes entre grupos de espécies, eliminando ou mitigando o uso de caracteres muito sutis.

4. RESULTADOS

4.1. Descrição anatômica microscópica do lenho

Nome científico: *Adesmia boronioides* Hook. f.

Família: Fabaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 8 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; abundantes; arranjados em grupos formando padrões dendríticos; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontuação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado. **Fibras** libriformes de parede média, pontuações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** numerosos, de altura média; de dois tamanhos distintos: os maiores, com quatro a 10 células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio; os menores, unisseriados, homogêneos, formados por células procumbentes. **Cristais prismáticos** presentes em células quadradas ou eretas do raio. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 2 - Ficha biométrica – *Adesmia boronioides* Hook. f.

Características anatômicas quantitativas	(μm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	49,25	156,48	75,07	15,38
Diâmetro vaso	23,39	51,39	34,41	4,90
Diâmetro pontoação	1,77	4,41	3,03	0,72
Altura do raio	333,09	781,94	508,47	123,03
Largura do raio	19,84	51,31	33,32	7,20

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/ mm^2	≥ 100	Muito Abundantes	145
Número de raios/mm	De 5 a 11	Numerosos	6
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	5
Espessura da parede da fibra	$L < 3x P$	Média	-

Figura 15: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 16: A – Tg 1000x pontuação intervascular, B – R 500x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μ m, 500x 50 μ m, 100x 200 μ m.

Nome científico: *Baccharis neaei* DC.

Família: Asteraceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 10 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos formando padrões dendríticos; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontoação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontoação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado. **Fibras** libriformes de parede média, pontoações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** numerosos, baixos; com uma a três células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio; ocasionalmente fusionados em sentido axial. **Cristais prismáticos** presentes em células procumbentes, quadradas e eretas do raio. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 3 - Ficha biométrica – *Baccharis neaei* DC.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	69,34	202,37	125,36	25,38
Diâmetro vaso	17,94	38,15	23,50	3,46
Diâmetro pontoação	2,16	3,62	2,79	0,34
Altura do raio	185,71	500,01	324,59	72,29
Largura do raio	14,93	47,98	25,46	7,40

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	161
Número de raios/mm	De 5 a 11	Numerosos	8
Número de células do raio (largura)	De 1 a 3	Finos	3
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 17: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – R 1000x cristais prismáticos pequenos. Barras: 25x 500 μ m, 1000x 20 μ m

Figura 18: A – Tg 1000x pontuação intervascular, B – R 1000x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 100x 200µm, 1000x 20µm.

Nome científico: *Baccharis patagonica* Hook. & Arn.

Família: Asteraceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 12 anos

Lenho com porosidade difusa, com anéis de crescimento distintos, mas medianamente demarcados. **Vasos** solitários e múltiplos, muito pequenos; muito abundantes; arrançados em cadeias radiais a oblíquas, com ou sem contato com os raios; com espessamento espiralado somente nos vasos de menor diâmetro, ao longo de todo o corpo; de comprimento médio; parede fina; pontuação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado ou elíptico. **Fibras** libriformes de parede média, pontuações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** numerosos, baixos; com uma a três células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio. **Cristais prismáticos** presentes em células procumbentes do raio; cristais aciculares presentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 4 - Ficha biométrica – *Baccharis patagonica* Hook. & Arn.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	249,55	535,40	407,94	67,47
Diâmetro vaso	21,83	57,03	39,35	7,24
Diâmetro pontuação	2,55	3,44	2,92	0,25
Altura do raio	79,63	419,44	198,38	89,59
Largura do raio	13,63	36,78	22,42	5,50

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	121
Número de raios/mm	De 5 a 11	Numerosos	7
Número de células do raio (largura)	De 1 a 3	Finos	2
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 19: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – R 500x cristais prismáticos pequenos. Barras: 25x 500 μ m, 500x 50 μ m.

Figura 20: A – Tg 1000x pontoação intervascular, B – R 1000x pontoação radiovascular, C – R 100x, D – Tx 100x. Barras: 100x 200µm, 1000x 20µm.

Nome científico: *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers.

Família: Asteraceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 17 anos

Lenho apresentando porosidade difusa, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos formando padrões dendríticos; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontuação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas distintas semelhantes a pontuação intervacular em tamanho e formato. **Fibras** libriformes de parede média, pontuações com bordas distintamente areoladas, somente na parede tangencial, diminutas, presentes nas paredes radiais e tangenciais. **Parênquima axial** ausente. **Raios** muito numerosos, baixos; com uma a três células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio. **Cristais prismáticos** presentes e muito abundantes em células procumbentes, quadradas ou eretas do raio. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 5 - Ficha biométrica – *Baccharis tricuneata* (L. f.) Pers.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	54,36	160,36	100,85	22,81
Diâmetro vaso	9,27	28,16	17,90	4,29
Diâmetro pontuação	1,79	3,94	2,79	0,51
Altura do raio	140,29	436,15	238,51	88,21
Largura do raio	25,54	58,59	39,19	9,00

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	≥100	Muito Abundantes	215
Número de raios/mm	≥12	Muito Numerosos	15
Número de células do raio (largura)	De 1 a 3	Finos	3
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 21: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, Tx 100x. Barras: 25x 500µm, 100x 200µm.

Figura 22: A – Tg 1000x pontoção intervascular, B – R 1000x pontoção radiovascular, C – R 400x cristais aciculares, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μ m, 400x 20 μ m e 100x 200 μ m.

Nome científico: *Berberis empetrifolia* Lam.

Família: Berberidaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 10 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos, mas pouco demarcados. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos formando padrão dendrítico com vasos do lenho inicial em arcos; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontuação pequena, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado. **Fibras** libriformes de parede grossa, pontuações com bordas simples e diminutas, com espessamento espiralado. **Parênquima axial** ausente. **Raios** Pouco numerosos, altos; de dois tamanhos distintos: os maiores, com quatro a 10 células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio; os menores, unisseriados, homogêneos, formados por células quadradas ou eretas; geralmente fusionados no sentido axial. **Cristais prismáticos** presentes em células procumbentes, quadradas e eretas do raio. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 6 - Ficha biométrica – *Berberis empetrifolia* Lam.

Características anatômicas quantitativas	(µm)			Desvio
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	159,61	378,01	242,36	61,96
Diâmetro vaso	12,33	37,88	22,45	5,91
Diâmetro pontuação	3,02	4,91	4,02	0,48
Altura do raio	771,84	1396,02	1012,40	232,66
Largura do raio	30,45	88,65	45,62	14,43

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	233
Número de raios/mm	De 1 a 4	Pouco Numerosos	4
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	5
Espessura da parede da fibra	L << P	Grossa	-

Figura 23: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 24: A – Tg 1000x pontuação intervascular, B – R 1000x pontuação radiovascular, C – R 500x cristais prismáticos, D – R 100x. Barras: 1000x 20µm, 500x 50µm, 100x 200µm.

Nome científico: *Berberis microphylla* G. Forst..

Família: Berberidaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 13 anos

Lenho apresentando porosidade difusa, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos sem padrão específico; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento médio; parede fina; pontoação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontoação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado. **Fibras** libriformes de parede grossa, pontoações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** pouco numerosos, altos; com quatro a 10 células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio; geralmente fusionados no sentido axial. **Cristais prismáticos** presentes em células procumbentes do raio. **Traqueídeos Vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 7 - Ficha biométrica – *Berberis microphylla* G. Forst.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	345,32	975,26	583,38	142,21
Diâmetro vaso	13,68	40,19	20,90	5,09
Diâmetro pontoação	2,64	4,96	3,75	0,49
Altura do raio	406,28	1322,37	700,65	257,12
Largura do raio	33,74	100,70	55,25	20,37

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	233
Número de raios/mm	De 1 a 4	Pouco Numerosos	3
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	5
Espessura da parede da fibra	L << P	Grossa	-

Figura 25: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – R 100x cristais prismáticos. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 26: A – Tg 1000x pontoação intervacular, B – R 1000x pontoação radiovascular, C – Tg 100x, D – Tx 100x. Barras: 1000x 20 μ m, 100x 200 μ m.

Nome científico: *Berberis ilicifolia* Roxb.

Família: Berberidaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 15 anos

Lenho com porosidade difusa e anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos formando cadeias tangenciais curtas; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontuação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado. **Fibras** libriformes de parede grossa, pontuações com bordas simples e diminutas, comuns em ambas as paredes. **Parênquima axial** ausente. **Raios** pouco numerosos, altos; com quatro a 10 células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio; comumente fusionados no sentido axial. **Cristais prismáticos** presentes em células procumbentes do raio, muito abundantes e de formato alongado. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 8 - Ficha biométrica – *Berberis ilicifolia* Roxb.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	106,48	243,41	157,68	33,57
Diâmetro vaso	13,13	34,22	20,94	4,86
Diâmetro pontuação	1,88	3,50	2,54	0,33
Altura do raio	742,22	1493,15	951,16	290,87
Largura do raio	56,06	95,13	71,32	11,59

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	118
Número de raios/mm	De 1 a 4	Pouco Numerosos	4
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	6
Espessura da parede da fibra	L << P	Grossa	-

Figura 27: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – R 100x cristais prismáticos (polarização). Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 28: A – Tg 1000x pontuação intervascular, B – R 500x pontuação radiovascular, C – R 100x cristais prismáticos, D – Tx 100x. Barras: 1000x 20 μ m, 500x 50 μ m , 100x 200 μ m.

Nome científico: *Chiliotrichum diffusum* (G. Forst.) Kuntze

Família: Asteraceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 15 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; exclusivamente solitários; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; raramente com contorno angular; de comprimento curto; parede fina; pontoação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontoação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado. **Fibras** libriformes de parede grossa, pontoações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** numerosos, baixos; com uma a três células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio; casualmente fusionados no sentido axial. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 9 - Ficha biométrica – *Chiliotrichum diffusum* (G. Forst.) Kuntze

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	85,61	200,25	151,66	28,24
Diâmetro vaso	12,74	29,75	19,40	3,17
Diâmetro pontoação	2,22	3,69	2,92	0,37
Altura do raio	133,53	332,75	199,31	49,43
Largura do raio	12,97	36,41	23,63	7,07

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	284
Número de raios/mm	De 5 a 11	Numerosos	5
Número de células do raio (largura)	De 1 a 3	Finos	3
Espessura da parede da fibra	L << P	Grossa	-

Figura 29: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D - tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 30: A – Tg 1000x pontoação intervascular, B – R 1000x pontoação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μ m, 100x 200 μ m.

Nome científico: *Chuquiraga oppositifolia* D. Don

Família: Asteraceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 80 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; exclusivamente solitários; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontoação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontoação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado. **Fibras** libriformes de parede espessa, pontoações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** numerosos, muito altos; de dois tamanhos distintos: os maiores, com quatro a 10 células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio, com células envoltivas; os menores, unisseriados, homogêneos, formados por células eretas. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 10 - Ficha biométrica – *Chuquiraga oppositifolia* D. Don

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	142,86	267,67	204,32	40,42
Diâmetro vaso	20,00	57,69	32,65	8,66
Diâmetro pontoação	3,03	4,04	3,61	0,32
Altura do raio	769,78	1921,93	1169,56	324,58
Largura do raio	51,01	104,06	51,01	10,98

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	120
Número de raios/mm	De 5 a 11	Numerosos	5
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	5
Espessura da parede da fibra	L << P	Grossa	-

Figura 31: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 32: A – Tg 500x pontuação intervascular, B – R 500x pontuação radiovascular, C – Tg 100x, D – R 100x. Barras: 500x 50 μ m, 100x 200 μ m.

Nome científico: *Ochetophila trinervis* (Gillies ex Hook. & Arn.) Poepp. ex Endl.

Família: Rhamnaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 30 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos formando padrões dendríticos; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; vasos solitários com contorno angular; de comprimento curto; parede fina; pontoação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontoação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato escalariforme. **Fibras** libriformes de parede grossa, pontoações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** numerosos, altos; de dois tamanhos distintos: os maiores, com quatro a 10 células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio; os menores, unisseriados, homogêneos, formados por células quadradas; geralmente fusionados no sentido axial. **Cristais prismáticos** presentes em células procumbentes do raio e em traqueídes vasculares. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 11 - Ficha biométrica – *Ochetophila trinervis*

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	79,12	227,16	138,81	30,84
Diâmetro vaso	13,75	45,47	27,40	6,78
Diâmetro pontoação	2,76	6,17	3,77	0,60
Altura do raio	436,66	1395,34	806,96	277,14
Largura do raio	28,79	97,31	56,24	18,76

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	274
Número de raios/mm	De 5 a 11	Numerosos	9
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	6
Espessura da parede da fibra	L << P	Grossa	-

Figura 33: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 34: A – Tg 1000x pontoação intervascular, B – R 500x pontoação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μ m, 500x 50 μ m , 100x 200 μ m.

Nome científico: *Discaria nana* (Clos) Benth. & Hook. Ex Weberb

Família: Rhamnaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 30 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos formando cadeias tangenciais curtas; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontuação pequena, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato escalariforme. **Fibras** libriformes de parede grossa, pontuações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** numerosos, de altura média; de dois tamanhos distintos: os maiores, com quatro a 10 células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio; os menores, unisseriados, homogêneos, formados por células quadradas; geralmente fusionados no sentido axial. **Cristais prismáticos** presentes em células procumbentes do raio. Drusas ocasionalmente presentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 12 - Ficha biométrica – *Discaria nana* (Clos) Benth. & Hook. Ex Weberb.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	50,84	200,24	145,33	33,32
Diâmetro vaso	11,67	37,52	22,60	5,34
Diâmetro pontuação	2,76	6,17	3,77	0,60
Altura do raio	305,62	883,48	540,09	159,09
Largura do raio	61,12	134,90	89,98	18,97

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	245
Número de raios/mm	De 5 a 11	Numerosos	7
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	8
Espessura da parede da fibra	L << P	Grossa	-

Figura 35: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 36: A – Tg 1000x pontuação intervascular, B – R 1000x pontuação radiovascular, C – Tg 100x, D – R 400x drusa. Barras: 1000x 20 μ m, 100x 200 μ m, 400x 20 μ m.

Nome científico: *Empetrum rubrum Vahl ex Willd.*

Família: Ericaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 20 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** extremamente pequenos; extremamente abundantes; arrançados em grupos sem padrão definido; vasos solitários com contorno angular; de comprimento curto; parede fina; pontuação escalariforme, pequena, e placa de perfuração escalariforme com oito barras em média. Pontuação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato escalariforme. **Fibras** libriformes de parede grossa, pontuações com bordas simples e diminutas, comum em ambas paredes. **Parênquima axial** ausente. **Raios** extremamente raros, muito baixos; unisseriados, heterogêneos, formados por células quadradas e eretas. **Cristais prismáticos** presentes em nos elementos de vaso. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 13 - Ficha biométrica – *Empetrum rubrum Vahl ex Willd.*

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	68,46	216,16	139,88	40,06
Diâmetro vaso	7,21	24,59	15,41	3,89
Diâmetro pontuação	4,50	11,28	6,37	1,30
Altura do raio	31,00	81,60	55,13	18,53
Largura do raio	6,33	10,12	7,83	1,21

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor
			médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	1079
Número de raios/mm	De 1 a 3	Pouco Numerosos	2
Número de células do raio (largura)	Unisseriado	Muito Finos	1
Espessura da parede da fibra	L << P	Grossa	-

Figura 37: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 38: A – Tg 1000x pontoação intervascular, B – R 1000x pontoação radiovascular, C – Tg 1000x cristal em elemento de vaso, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μ m, 100x 200 μ m.

Nome científico: *Fabiana imbricata* Ruiz & Pav.

Família: Solanaceae

Hábito: arbusto

Idade média: 50 anos

Lenho com porosidade difusa, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; exclusivamente solitários; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontuação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato escalariforme. **Fibras** libriformes de parede média a grossa, casualmente septadas, pontuações com bordas simples e diminutas comuns em ambas as paredes. **Parênquima axial** ausente. **Raios** numerosos, baixos; unisseriados, homogêneos, formados por células procumbentes. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 14 - Ficha biométrica – *Fabiana imbricata* Ruiz & Pav.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	133,05	342,55	242,96	57,36
Diâmetro vaso	14,39	39,76	25,42	6,13
Diâmetro pontuação	2,33	3,62	2,96	0,32
Altura do raio	65,60	181,13	101,70	31,92
Largura do raio	6,61	11,74	9,49	1,54

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	201
Número de raios/mm	De 5 a 11	Numerosos	10
Número de células do raio (largura)	1	Muito Finos	1
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 39: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tg 500x fibras septadas. Barras: 25x 500 μ m, 500x 50 μ m.

Figura 40: A – Tg 1000x pontuação intervascular, B – R 1000x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x raios unisseriados. Barras: 1000x 20 μ m, 100x 200 μ m, 400x 20 μ m.

Nome científico: *Gaultheria mucronata* (L. f.) Hook. & Arn.

Família: Ericaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 15 anos

Lenho com porosidade difusa, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos sem arranjo específico; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontoação de dois formatos distintos, alternas, diminutas e placa de perfuração simples; escalariforme, de tamanho médio, com 12 barras em média. Pontoação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato escalariforme. **Fibras** libriformes ausentes, substituídas por fibrotraqueídes de comprimento curto, parede grossa, pontoações com bordas distintamente areoladas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** numerosos, baixos; com uma a três células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio; com ocasionais raios unisseriados, homogêneos, formados por células eretas. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 15 - Ficha biométrica – *Gaultheria mucronata* (L. f.) Hook. & Arn.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	128,79	271,27	209,06	41,78
Diâmetro vaso	15,23	30,56	22,36	3,27
Diâmetro pontoação	2,65	15,80	6,00	3,94
Altura do raio	177,95	673,29	325,29	145,65
Largura do raio	10,15	35,53	20,05	7,21

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	690
Número de raios/mm	De 5 a 11	Numerosos	10
Número de células do raio (largura)	De 1 a 3	Finos	2
Espessura da parede da fibra	L << P	Grossa	-

Figura 41: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 42: A – Tg 1000x pontuação intervascular, B – R 1000x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μ m, 100x 200 μ m.

Nome científico: *Berberis trigona* Kunze ex Poepp. & Endl **Família:** Berberidaceae
Hábito: arbusto anão **Idade média:** 13 anos

Lenho apresentando porosidade difusa, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos formando padrões dendríticos; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontuação pequena, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas distintas semelhantes a pontuação intervascular em tamanho e formato. **Fibras** libriformes, esparsamente septadas, de parede média, pontuações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** pouco numerosos, altos, com quatro a 10 células de largura, heterogêneos, com corpo formado por células procumbentes e uma camada marginal formada de células quadradas e comumente com células envoltentes. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 16 - Ficha biométrica – *Berberis trigona* Kunze ex Poepp. & Endl

Características anatômicas quantitativas	(µm)			Desvio Padrão
	Mínimo	Máximo	Média	
Comprimento vaso	88,42	364,55	179,26	75,30
Diâmetro vaso	20,81	51,95	31,13	7,11
Diâmetro pontuação	2,89	5,84	4,29	0,64
Altura do raio	775,27	1734,04	1078,13	309,59
Largura do raio	117,44	182,34	153,47	23,80

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm²	>=100	Muito Abundantes	156
Número de raios/mm	<= 4	Pouco Numerosos	2
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	10
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 43: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500µm, 100x 200µm.

Figura 44: A – Tg 500x pontuação intervascular, B – R 1000x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μ m, 500x 50 μ m, 100x 200 μ m.

Nome científico: *Berberis montana* Gay

Família: Berberidaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 16 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos formando padrões dendríticos; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontuação pequena, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas distintas semelhantes a pontuação intervacular em tamanho e formato. **Fibras** libriformes, parede grossa, pontuações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** pouco numerosos, baixos; com quatro a 10 células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio; notadamente fusionados no sentido axial. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 17 - Ficha biométrica – *Berberis montana* Gay

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Média	Desvio Padrão
	Mínimo	Máximo		
Comprimento vaso	225,70	507,99	339,33	58,83
Diâmetro vaso	33,06	89,35	55,09	10,32
Diâmetro pontuação	3,43	4,94	4,27	0,42
Altura do raio	289,00	377,24	316,63	29,37
Largura do raio	35,16	58,07	41,94	6,42

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	106
Número de raios/mm	<= 4	Pouco numerosos	3
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	7
Espessura da parede da fibra	L << P	Grossa	-

Figura 45: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 46: A – Tg 1000x pontuação intervascular, B – R 500x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μ m, 500x 50 μ m, 100x 200 μ m.

Nome científico: *Senecio gnidioides* Phil.

Família: Asteraceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 12 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos, pouco demarcados. **Vasos** muito pequenos; extremamente abundantes; arrançados em grupos; de comprimento curto; parede fina; pontuação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas distintas semelhantes a pontuação intervacular em tamanho e formato. **Fibras** libriformes ausentes. Lenho estrutural formado por traqueídes vasculares de parede média. **Parênquima axial** ausente. **Raios** muito pouco numerosos, altos; de dois tamanhos distintos: os maiores, com quatro a 10 células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio, com células envoltivas; os menores, unisseriados, homogêneos, formados por células quadradas. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 18 - Ficha biométrica – *Senecio gnidioides* Phil.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento fibra	0	0	0	0
Comprimento vaso	70,17	247,98	147,18	38,53
Diâmetro vaso	18,45	44,04	29,36	5,99
Diâmetro pontuação	2,26	4,79	3,13	0,44
Altura do raio	701,37	992,87	880,73	123,05
Largura do raio	93,80	202,59	137,51	32,91

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	816
Número de raios/mm	<= 4	Pouco numerosos	9
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	8
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 47: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500µm, 100x 200µm.

Figura 48: A – Tg 500x pontuação intervascular, B – R 500x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 500x 50 μ m, 100x 200 μ m.

Nome científico: *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst.

Família:

Nothofagaceae

Hábito: arbusto

Idade média: 80 anos

Lenho apresentando porosidade difusa, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos formando cadeias radiais curtas; vasos solitários com contorno angular; de comprimento curto; parede fina; pontoação pequena, opostas; com placa de perfuração simples no lenho inicial e escalariforme com seis barras em média no lenho tardio; Pontoação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato escalariforme. **Fibras** libriiformes de parede média, pontoações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** numerosos, de altura média; exclusivamente unisseriados, heterogêneos, com corpo formado por células procumbentes e uma camada marginal formada por células quadradas. **Cristais prismáticos** presentes em fibras. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** ausentes.

Tabela 19 - Ficha biométrica – *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio Padrão
	Mínimo	Máximo	Média
Comprimento vaso	63,00	479,71	215,94
Diâmetro vaso	28,07	92,49	53,53
Diâmetro pontoação	3,65	6,55	4,81
Altura do raio	379,42	689,68	510,84
Largura do raio	8,44	15,59	12,08

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	109
Número de raios/mm	4 < 12	Numerosos	8
Número de células do raio (largura)	1	Unisseriados	1
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 49: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 50: A – Tg 500x pontuação intervascular, B – R 1000x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μm , 500x 50 μm , 100x 200 μm .

Nome científico: *Lomatia hirsuta* (Lam.) Diels

Família: Proteaceae

Hábito: arbusto

Idade média: 34 anos

Lenho apresentando porosidade difusa, com anéis de crescimento distintos.

Vasos muito pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos formando cadeias tangenciais; de comprimento médio; parede fina; pontuação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas distintas semelhantes a pontuação intervascular em tamanho e formato. **Fibras** libriformes, de parede média, pontuações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** numerosos, extremamente altos; de dois tamanhos distintos: os maiores, com mais de 10 células de largura, homogêneos, formado por células procumbentes; os menores, unisseriados, formados por células quadradas ou eretas; geralmente fusionados no sentido axial. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasicêntricos** presentes.

Tabela 20 - Ficha biométrica – *Lomatia hirsuta* (Lam.) Diels

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Média	Desvio Padrão
	Mínimo	Máximo		
Comprimento vaso	290,09	756,21	447,25	129,91
Diâmetro vaso	24,18	65,80	44,65	9,47
Diâmetro pontuação	2,96	4,09	3,60	0,30
Altura do raio	1148,43	2335,32	1745,23	512,16
Largura do raio	36,38	78,64	60,89	11,63

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	215
Número de raios/mm	4 < 12	Numerosos	6
Número de células do raio (largura)	> 10	Muito Grossos	14
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 51: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 52: A – Tg 1000x pontuação intervascular, B – R 500x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μm , 500x 50 μm , 100x 200 μm .

Nome científico: *Escallonia alpina* Poepp. ex DC

Família: Escalloniaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 48 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; extremamente abundantes; arrançados em grupos; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso, de comprimento curto; parede fina; pontoação de largura média, opostas com formato elíptico e placa de perfuração escalariforme com 14 barras em média. Pontoação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado. **Fibras** libriformes, ausentes. Lenho estrutural formado por traqueídes vasculares de parede espessa. **Parênquima axial** ausente. **Raios** muito numerosos, altos; finos, heterogêneos, com corpo formado por células procumbentes e camadas marginais numerosas formadas de células quadradas. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasicêntricos** presentes.

Tabela 21 - Ficha biométrica – *Escallonia alpina* Poepp. ex DC

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Média	Desvio Padrão
	Mínimo	Máximo		
Comprimento fibra	0	0	0	0
Comprimento vaso	128,38	387,15	290,88	85,77
Diâmetro vaso	14,30	30,31	22,34	3,29
Diâmetro pontoação	4,65	13,72	7,94	2,23
Altura do raio	552,44	1179,99	788,35	199,17
Largura do raio	27,30	47,39	36,00	7,37

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	602
Número de raios/mm	>=12	Muito numerosos	13
Número de células do raio (largura)	De 1 a 3	Finos	3
Espessura da parede da fibra	L << P	Grossa	-

Figura 53: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 54: A – Tg 1000x pontoação intervascular, B – R 500x pontoação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μm , 500x 50 μm , 100x 200 μm .

Nome científico: *Escallonia virgata* (Ruiz & Pav.) Pers

Família: Escalloniaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 10 anos

Lenho apresentando porosidade difusa, com anéis de crescimento distintos.

Vasos muito pequenos; muito abundantes; exclusivamente solitários; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontuação pequena, alternas e placa de perfuração escalariforme com 8 barras em média. Pontuação radiovascular com bordas distintas semelhantes a pontuação intervascular em tamanho e formato. **Fibras** libriiformes de parede grossa, pontuações com bordas simples e diminutas comuns em ambas as paredes. **Parênquima axial** difuso em agregados, dividido em 3 células por série. **Raios** numerosos, baixos; finos, heterogêneos, com corpo formado por células procumbentes e duas camadas marginais formadas de células quadradas. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** ausentes.

Tabela 22 - Ficha biométrica – *Escallonia virgata* (Ruiz & Pav.) Pers

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	84,57	314,88	208,29	62,33
Diâmetro vaso	16,88	29,24	22,18	2,78
Diâmetro pontuação	3,36	9,45	4,75	0,87
Altura do raio	177,28	329,15	275,72	46,96
Largura do raio	21,42	33,14	23,20	3,88

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	196
Número de raios/mm	<= 4	Numerosos	9
Número de células do raio (largura)	De 1 a 3	Finos	2
Espessura da parede da fibra	L << P	Grossa	-

Figura 55: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 56: A – Tg 500x pontuação intervascular, B – R 500x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 500x 50 μ m, 100x 200 μ m.

Nome científico: *Maytenus disticha* (Hook. f.) Urb

Família: Celastraceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 21 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; exclusivamente solitários; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontuação pequena, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado. **Fibras** libriformes, esparsamente septadas, de parede média, pontuações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** extremamente numerosos, baixos; com uma a três células de largura, heterogêneos, formados por células quadradas e eretas misturadas ao longo do raio. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 23 - Ficha biométrica – *Maytenus disticha* (Hook. f.) Urb

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	209,99	363,82	283,47	51,77
Diâmetro vaso	11,70	26,63	18,76	2,84
Diâmetro pontuação	3,11	5,85	4,55	0,79
Altura do raio	258,83	407,81	338,95	47,83
Largura do raio	19,48	35,66	27,91	5,55

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	375
Número de raios/mm	>= 12	Muito Numerosos	17
Número de células do raio (largura)	De 1 a 3	Finos	2
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 57: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 58: A – Tg 500x pontuação intervascular, B – R 500x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 500x 50 μ m, 100x 200 μ m.

Nome científico: *Maytenus chubutensis* (Speg.) Lourteig, O'Donnell & Sleumer

Família: Celastraceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 23 anos

Lenho apresentando porosidade difusa, com anéis de crescimento distintos.

Vasos muito pequenos; muito abundantes; exclusivamente solitários; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontoação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontoação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado. **Fibras** libriformes ausentes. **Parênquima axial** ausente. **Raios** extremamente numerosos, de altura média; de dois tamanhos distintos: os maiores, com quatro a 10 células de largura, heterogêneos, formados por células quadradas e eretas misturadas ao longo do raio, geralmente com células envoltivas; os menores, unisseriados, heterogêneos, formados por células quadradas ou eretas. **Cristais prismáticos** presentes em células quadradas do raio. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes, de parede média, substituindo as fibras libriformes.

Tabela 24 - Ficha biométrica – *Maytenus chubutensis* (Speg.) Lourteig, O'Donnell & Sleumer

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	167,53	354,29	263,62	54,41
Diâmetro vaso	12,54	28,68	21,95	3,28
Diâmetro pontoação	2,26	4,79	3,13	0,44
Altura do raio	462,12	837,97	624,46	120,38
Largura do raio	35,08	63,68	45,88	8,70

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	264
Número de raios/mm	>=12	Muito Numerosos	22
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	4
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 59: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 60: A – Tg 1000x pontuação intervascular, B – R 1000x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μ m, 100x 200 μ m.

Nome científico: *Gaultheria phillyreaefolia* (Pers.) Sleumer

Família: Ericaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 16 anos

Lenho apresentando porosidade difusa, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; abundantes; arrançados em grupos; de comprimento médio; parede fina; pontoação diminuta, opostas e placa de perfuração escalariforme com 13 barras em média. Pontoação radiovascular com bordas distintas semelhantes a pontoação intervascular em tamanho e formato. **Fibras** libriformes de parede média, pontoações com bordas areoladas distintas, comum em ambas as paredes. **Parênquima axial** ausente. **Raios** numerosos, altos; de dois tamanhos distintos: os maiores, com quatro a 10 células de largura, heterogêneos, com corpo formado por células procumbentes e duas a quatro camadas marginais formadas de células quadradas; os menores, unisseriados, homogêneos, formados por células quadradas. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 25 - Ficha biométrica – *Gaultheria phillyreaefolia* (Pers.) Sleumer

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	116,84	709,23	401,92	143,04
Diâmetro vaso	20,39	65,02	42,46	9,93
Diâmetro pontoação	2,26	4,79	3,13	0,44
Altura do raio	630,47	1339,18	938,03	253,68
Largura do raio	97,43	110,66	105,60	5,71

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	40 a 100	Abundantes	80
Número de raios/mm	4 a 12	Numerosos	10
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	4
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 61: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 62: A – Tg 1000x pontuação intervascular, B – R 1000x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μ m, 100x 200 μ m.

Nome científico: *Drimys winterii* J.R. Forst. & G. Forst.

Família: Winteraceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 12 anos

Lenho formado por traqueídes, semelhante às espécies do clado *gymnosperms*, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** ausentes. **Fibras** ausentes. **Parênquima axial** ausente. **Raios** numerosos, extremamente altos; de dois tamanhos distintos: os maiores, com quatro a 10 células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio, em minoria apresentando células envoltentes; os menores, unisseriados, homogêneos, formados por células quadradas e eretas. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares** presentes, de parede média, com pontoações areoladas unisseriadas, sem espessamento espiralado.

Tabela 26 - Ficha biométrica – *Drimys winterii* winteri J.R. Forst. & G. Forst.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio Padrão
	Mínimo	Máximo	Média
Comprimento vaso	-	-	-
Diâmetro vaso	-	-	-
Diâmetro pontoação	4,53	5,54	5,02
Altura do raio	1887,24	2408,60	2156,04
Largura do raio	101,39	192,47	148,52

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	-	-
Número de raios/mm	4 < 12	Numerosos	6
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	7
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 63: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500µm, 100x 200µm.

Figura 64: A – Tg 500x traqueídeos com pontuação unisseriada, B – R 500x traqueídeos, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 500x 50µm, 100x 200µm.

Nome científico: *Solanum valdiviense* Dunal

Família: Solanaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 24 anos

Lenho apresentando porosidade difusa, com anéis de crescimento distintos, mas pouco demarcados. **Vasos** pequenos; abundantes; exclusivamente solitários; de comprimento médio; parede fina; pontoação pequena, alternas e placa de perfuração simples. Pontoação radiovascular bordas reduzidas a aparentemente simples de formato horizontal. **Fibras** libriformes, parede média, pontoações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** muito numerosos, baixos, com uma a três células de largura, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio; geralmente fusionados no sentido axial. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** ausentes.

Tabela 27 - Ficha biométrica – *Solanum valdiviense* Dunal

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	213,99	633,35	374,86	107,85
Diâmetro vaso	32,91	68,05	50,14	7,40
Diâmetro pontoação	3,32	7,15	4,59	0,98
Altura do raio	321,60	483,78	395,39	59,09
Largura do raio	33,01	40,58	37,41	3,41

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	40 < 100	Abundantes	78
Número de raios/mm	>= 12	Muito Numerosos	14
Número de células do raio (largura)	De 1 a 3	Finos	2
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 65: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 66: A – Tg 1000x pontuação intervacular, B – R 1000x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μm , 100x 200 μm .

Nome científico: *Nardophyllum bryoides* (Lam.) Cabrera

Família: Asteraceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 60 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** extremamente pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos; com espessamento espiralado somente no lenho tardio, por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede grossa; pontuação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas distintas semelhantes a pontuação intervacular em tamanho e formato. **Fibras** libriformes de parede média, pontuações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** pouco numerosos, baixos; finos, heterogêneos, formados por células quadradas e eretas. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** presentes.

Tabela 28 - Ficha biométrica – *Nardophyllum bryoides* (Lam.) Cabrera

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	83,48	230,23	150,93	28,39
Diâmetro vaso	12,40	23,82	18,24	2,96
Diâmetro pontuação	2,07	5,18	2,92	0,67
Altura do raio	202,78	329,15	264,91	41,64
Largura do raio	15,63	27,39	23,04	4,11

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	317
Número de raios/mm	<= 4	Pouco numerosos	3
Número de células do raio (largura)	De 1 a 3	Finos	2
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 67: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 68: A – Tg 1000x pontoação intervascular, B – R 500x pontoação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μ m , 500x 50 μ m, 100x 200 μ m.

Nome científico: *Schinus roigii* Ruiz Leal & Cabrera

Família: Anacardiaceae

Hábito: arbusto

Idade média: 25 anos

Lenho apresentando porosidade difusa, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos formando cadeias radiais e oblíquas; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontuação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado. **Fibras** libriformes, em sua maioria septadas, parede grossa, pontuações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** numerosos, baixos; com uma a três células de largura, homogêneos, formados por células procumbentes. **Cristais prismáticos** presentes, muito grandes, localizados em células procumbentes alongadas. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** ausentes.

Tabela 29 - Ficha biométrica – *Schinus roigii* Ruiz Leal & Cabrera

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Média	Desvio Padrão
	Mínimo	Máximo		
Comprimento vaso	83,20	232,52	166,01	43,32
Diâmetro vaso	15,28	37,01	25,66	5,41
Diâmetro pontuação	1,04	2,45	1,64	0,32
Altura do raio	379,88	538,63	458,18	62,23
Largura do raio	17,19	28,19	22,41	2,87

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	443
Número de raios/mm	4 < 12	Numerosos	9
Número de células do raio (largura)	De 1 a 3	Finos	2
Espessura da parede da fibra	L << P	Grossa	-

Figura 69: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 70: A – Tg 500x pontuação intervascular, B – R 1000x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μm , 500x 50 μm , 100x 200 μm .

Nome científico: *Azara microphylla* Hook. f.

Família: Salicaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 31 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos as vezes formando cadeias radiais curtas; de comprimento curto; parede fina; pontoação pequena, alternas e placa de perfuração escalariforme com 16 barras em média. Pontoação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado. **Fibras** libriformes, na maioria septadas, de parede média, pontoações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** muito numerosos, altos; com uma a três células de largura, heterogêneos, formados por células quadradas e eretas misturadas ao longo do raio. **Cristais prismáticos** presentes em células quadradas do raio. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** ausentes.

Tabela 30 - Ficha biométrica – *Azara microphylla* Hook. f.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	123,62	401,67	294,09	65,92
Diâmetro vaso	18,28	48,78	32,73	5,65
Diâmetro pontoação	3,24	5,09	4,20	0,47
Altura do raio	664,01	1179,19	884,56	149,04
Largura do raio	20,77	38,98	32,43	5,31

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	329
Número de raios/mm	>= 12	Muito Numerosos	14
Número de células do raio (largura)	De 1 a 3	Finos	2
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 71: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 72: A – Tg 1000x pontuação intervascular, B – R 1000x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μm , 100x 200 μm .

Nome científico: *Colletia hystrix* Clos.

Hábito: arbusto

Família: Rhamnaceae

Idade média: 33 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontuação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas distintas semelhantes a pontuação intervacular em tamanho e formato. **Fibras** libriformes de parede média, pontuações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** confluyente em trechos curtos. **Raios** numerosos, altos; de dois tamanhos distintos: os maiores, com quatro a 10 células de largura, homogêneos, formados por células procumbentes; os menores, unisseriados, homogêneos, formados por células procumbentes. **Cristais prismáticos** presentes em células procumbentes do raio. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** ausentes.

Tabela 31 - Ficha biométrica – *Colletia hystrix* Clos.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	91,70	283,72	162,29	42,36
Diâmetro vaso	22,54	61,25	39,42	10,20
Diâmetro pontuação	2,60	4,79	3,82	0,50
Altura do raio	531,86	1037,98	720,96	165,99
Largura do raio	40,34	62,33	48,76	8,25

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	395
Número de raios/mm	4 a 12	Numerosos	4
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	4
Espessura da parede da fibra	L < 3x P	Média	-

Figura 73: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 74: A – Tg 1000x pontuação intervascular, B – R 500x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μm , 500x 50 μm , 100x 200 μm .

Nome científico: *Stillingia patagonica* (Speg.) Pax & Hofmeist.

Família: Euphorbiaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 30 anos

Lenho apresentando porosidade difusa, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; arrançados em grupos formando padrões dendríticos; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento curto; parede fina; pontuação pequena, alternas e placa de perfuração simples. Pontuação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado. **Fibras** libriformes de parede fina, pontuações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** ausente. **Raios** muito numerosos, baixos; exclusivamente unisseriados, heterogêneos, formados por células procumbentes, quadradas e eretas misturadas ao longo do raio. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** ausentes.

Tabela 32 - Ficha biométrica – *Stillingia patagonica* (Speg.) Pax & Hofmeist.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	105,26	254,57	198,64	43,89
Diâmetro vaso	14,65	42,50	26,95	7,17
Diâmetro pontuação	2,95	6,63	4,72	0,78
Altura do raio	227,28	442,17	229,21	77,70
Largura do raio	11,11	18,22	14,88	2,15

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	173
Número de raios/mm	>= 12	Muito Numerosos	12
Número de células do raio (largura)	Unisseriados	Finos	1
Espessura da parede da fibra	L > 3x P	Fina	-

Figura 75: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500µm, 100x 200µm.

Figura 76: A – Tg 1000x pontuação intervascular, B – R 500x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μm , 500x 50 μm , 100x 200 μm .

Nome científico: *Anarthrophyllum rigidum* (Gillies ex Hook. & Arn.) Hieron.

Família: Fabaceae

Hábito: arbusto anão

Idade média: 30 anos

Lenho organizado em anéis semi-porosos, com anéis de crescimento distintos. **Vasos** muito pequenos; muito abundantes; arranjados em grupos formando padrões dendríticos; com espessamento espiralado por todo o corpo do vaso; de comprimento muito curto; parede fina; pontoação diminuta, alternas e placa de perfuração simples. Os vasos do lenho tardio apresentam estratificação com o parênquima axial; Pontoação radiovascular com bordas reduzidas a aparentemente simples de formato arredondado. **Fibras** libriformes de parede grossa, pontoações com bordas simples e diminutas. **Parênquima axial** em faixas largas, estratificado, com células fusiformes divididas em duas células por série. **Raios** numerosos, de altura média; de dois tamanhos distintos: os maiores, com quatro a 10 células de largura, heterogêneos, com corpo formado por células procumbentes e uma camada marginal de células quadradas e esparsamente apresentando células envoltivas; os menores, unisseriados, homogêneos, formados por células procumbentes. **Cristais prismáticos** ausentes. **Traqueídeos vasculares e vasicêntricos** ausentes.

Tabela 33 - Ficha biométrica - *Anarthrophyllum rigidum* (Gillies ex Hook. & Arn.) Hieron.

Características anatômicas quantitativas	(µm)		Desvio	
	Mínimo	Máximo	Média	Padrão
Comprimento vaso	72,83	122,32	102,41	12,75
Diâmetro vaso	11,97	40,99	28,44	6,81
Diâmetro pontoação	2,56	4,70	3,63	0,55
Altura do raio	508,15	1070,91	701,22	147,06
Largura do raio	83,50	101,77	91,61	5,46

Características anatômicas qualitativas	IAWA	Categoria	Valor médio observado
Número de vasos/mm ²	>=100	Muito Abundantes	313
Número de raios/mm	4 < 12	Numerosos	5
Número de células do raio (largura)	De 4 a 10	Grossos	9
Espessura da parede da fibra	L << P	Grossa	-

Figura 77: A – Tx 25x, B – Tg 25x, C – R 25x, D – Tx 100x. Barras: 25x 500 μ m, 100x 200 μ m.

Figura 78: A – Tg 1000x pontuação intervacular, B – R 1000x pontuação radiovascular, C – R 100x, D – Tg 100x. Barras: 1000x 20 μ m , 100x 200 μ m.

4.2 Análise dendroecológica

4.2.1 Análise comparativa da estrutura do lenho de espécies arbustivas

As 32 espécies arbustivas descritas foram ordenadas segundo a posição de cada sítio de amostragem em relação ao gradiente de precipitação segundo a tabela 34.

Apenas a espécie *Escallonia alpina* foi encontrada em sítios pertencentes aos extremos do gradiente, que são Chenque Pehuén e Valle el Salvo II, respectivamente seco e úmido. A grande maioria das espécies que foram encontradas em sítios distintos pertencem a sítios intermediários localizados na região de Caviahue, portanto, sem muito contraste em relação ao frio e a precipitação.

Em nível de gênero, *Berberis* se apresentou como o mais rico em número de espécies e amplitude no gradiente, possuindo indivíduos em sítios extremamente secos como Rio Ágrio, intermediários como Las Lecheras e extremamente úmidos como Valle el Salvo. Os gênero *Maytenus* foi encontrado em dois sítios extremos, Primeros Pinos e Valle el Salvo que são, respectivamente, o segundo mais seco e o mais úmido ao longo do gradiente. As espécies encontradas foram *Maytenus chubutensis* e *Maytenus disticha*.

A ausência de muitas espécies comuns nos extremos do gradiente de precipitação é de certa forma esperada, pois, as pressões ambientais e a demanda fenológica e fisiológica das espécies são muito distintas. Assim como certamente era de se esperar uma maior diversidade de espécies nos sítios intermediários que funcionam como uma espécie de ecótono, ou seja, uma zona de transição entre ambientes contrastantes.

Tabela 34 - Espécies por sítio e posição no gradiente de precipitação

Espécie	Sítio	Posição no gradiente
<i>Schinus roigii</i>	Estepa	1
<i>Anarthrophyllum rigidum</i>	Estepa	
<i>Stillingia patagonica</i>	Estepa	
<i>Colletia hystrix</i>	Estepa	
<i>Azara microphylla</i>	Estepa	
<i>Nardophyllum bryoides</i>	Primeros Pinos	2
<i>Maytenus chubutensis</i>	Primeros Pinos	
<i>Adesmia boronioides</i>	Rio Ágrio	3
<i>Berberis empetrifolia</i>	Rio Ágrio	
<i>Baccharis patagonica</i>	Rio Ágrio	
<i>Baccharis tricuneata</i>	Rio Ágrio	
<i>Ochetophila trinervis</i>	Rio Ágrio	
<i>Chuquiraga oppositifolia</i>	Chenque Pehuén	4
<i>Fabiana imbricata</i>	Chenque Pehuén	
<i>Escallonia alpina</i>	Chenque Pehuén	
<i>Senecio gnidioides</i>	Chenque Pehuén	
<i>Baccharis neaei</i>	Caviahue	6
<i>Discaria nana</i>	Caviahue	
<i>Empetrum rubrum</i>	Caviahue	
<i>Gaultheria mucronata</i>	Caviahue	
<i>Baccharis tricuneata</i>	Caviahue	
<i>Escallonia virgata</i>	Caviahue	
<i>Lomatia hirsuta</i>	Caviahue	
<i>Nothofagus antarctica</i>	Caviahue	
<i>Maytenus disticha</i>	Caviahue	
<i>Berberis ilicifolia</i>	Las Lecheras	7
<i>Berberis microphylla</i>	Las Lecheras	
<i>Chiliotrichum diffusum</i>	Las Lecheras	
<i>Drimys winterii</i>	Valle el Salvo	10
<i>Gaultheria phillyreaefolia</i>	Valle el Salvo	
<i>Berberis trigona</i>	Valle el Salvo	
<i>Solanum valdiviense</i>	Valle el Salvo	
<i>Maytenus disticha</i>	Valle el Salvo	
<i>Berberis montana</i>	Valle el Salvo	
<i>Escallonia alpina</i>	Valle el Salvo	

Utilizando os códigos da IAWA numa análise comparativa dos indivíduos das 32 espécies, foi possível identificar características anatômicas comuns e ausentes entre sítios, famílias, gêneros e espécies.

Separando a frequência de cada caractere IAWA em 10 categorias de porcentagem, ou seja, de 10 em 10 por cento, foi construída a tabela 35 que serve de parâmetro para uma análise geral do Noroeste da Patagônia argentina.

Tabela 35 - Frequência de caracteres nas 32 espécies arbustivas.

Código IAWA	%
10, 59, 64, 68, 77, 83, 85, 90, 91, 92, 95, 99, 101, 107, 117, 144, 145, 154, 26, 108, 143, 150, 151, 156, 20, 21, 39, 62, 6, 7, 15, 49, 104	0 a 10
12, 16, 106, 32, 41, 53, 65, 71, 63, 116, 137, 138	11 a 20
14, 96, 8, 105, 9, 110	21 a 30
103, 114, 102, 136, 25, 30, 70	31 a 40
5, 97, 31, 98, 115	41 a 50
69, 109, 4, 24	51 a 60
11	61 a 70
60, 37, 36, 13	71 a 80
52, 61, 40, 22, 50	81 a 90
66, 75, 1	91 a 100

77 dos 163 caracteres anatômicos propostos pela IAWA não foram encontrados em nenhuma amostra das 32 espécies. Entre eles estão: Anéis de crescimentos indistintos, Vasos arranjados em anéis porosos, Placa de perfuração escalariforme com mais de 20 barras, placa de perfuração reticulada ou foraminada, pontoações intervasculares alternas com contorno poligonal, pontoações intervasculares maiores que 10 micrômetros, pontoações guarnecidas, diâmetro dos vasos maior que 100 micrômetros, menos de 40 vasos por milímetro quadrado, nenhum depósito nos vasos, nenhum tipo de canal axial ou radial etc.

O único caractere anatômico presente nas 32 espécies foi a presença de anéis de crescimento distintos.

Entre os caracteres mais freqüentes (81-90%) estão a ausência de parênquima axial, diâmetro dos vasos menor que 50 micrômetros de diâmetro, comprimento de vasos menor que 350 micrômetros. Na sequência, caracteres com frequência entre 71 e 80% estão a presença de traqueídeos associados a fibras e vasos, espessamento espiralado presente ao longo de todo o corpo dos vasos e placa de perfuração simples.

Entre 61 e 70% está o arranjo de vasos em grupos. entre 51 e 60% estão vasos arranjados em anéis semi-porosos, raios com os 3 tipos de células misturadas

(procumbentes, quadradas e eretas) ao longo do corpo e pontoação intervascular diminuta (menor que 4 micrômetros).

As duas famílias com maior representatividade de espécies e ambientes foram Berberidaceae e Asteraceae, com cinco e sete espécies, sendo que nas Berberidaceae, todas pertencem ao mesmo gênero *Berberis*.

Dentro da família Berberidaceae foram encontrados nove caracteres comuns a todas as espécies, e outros seis em 4 das 5 espécies. Entre os comuns estão a presença de anéis de crescimento distintos, Vasos sempre agrupados, placa de perfuração simples, pontoação intervascular alterna, espessamento espiralado ao longo de todo o corpo dos vasos, Ausência de parênquima axial, raios com 4 a 10 séries de células, Raios pouco numerosos. Duas espécies apresentaram cristais prismáticos grandes em células do raio e quatro apresentaram raios maiores que 1 milímetro de altura.

Dentro das Asteraceae foram encontrados cinco caracteres comuns a todas as espécies, anéis de crescimentos distintos, placa de perfuração simples, pontoação intervascular alterna, Vasos com diâmetro menor que 50 micrômetros e ausência de parênquima axial. Seis das sete apresentaram Pontoações diminutas, vasos com frequência maior que 100 por milímetro quadrado, espessamento espiralado ao longo de todo o corpo do vaso, Raios com uma a três séries de células e raios com os 3 tipos de células misturadas (procumbentes, quadradas e eretas) ao longo do corpo.

Agrupando os caracteres anatômicos entre espécies de sítios extremos, Estepa (cinco espécies) o mais seco e Valle el Salvo (sete espécies) o mais úmido, foram encontrados na Estepa anéis de crescimento distintos, vasos sempre agrupados, pontoações intervasculares alternas, diâmetro dos vasos menor que 50 micrômetros, mais de 100 vasos por milímetro quadrado e vasos de comprimento menor que 350 micrômetros. No sítio mais úmido os únicos caracteres comuns a todas as espécies foram a presença de anéis de crescimento distintos e ausência de parênquima axial. Seis das sete espécies apresentaram presença de traqueídeos associados a vasos e fibras.

Um resumo dos caracteres quantitativos do lenho das espécies arbustivas está apresentado na tabela 36.

Tabela 36 - Caracteres quantitativos do lenho das espécies arbustivas.

Espécie	Diâm. pontoação	Diâm. vaso	Comp. Vasos	Larg. Raio	Altura raio	Vasos/mm²
(em micrômetros)						
<i>Schinus roigii</i>	1.64	25.66	166.01	22.41	458.18	443
<i>Anarthrophyllum rigidum</i>	3.63	28.44	102.41	91.61	701.22	313
<i>Stillingia patagonica</i>	4.72	26.95	198.64	14.88	229.21	173
<i>Colletia hystrix</i>	3.82	39.42	162.29	48.76	720.96	395
<i>Azara microphylla</i>	4.20	32.73	294.09	32.43	884.56	329
<i>Nardophyllum bryoides</i>	2.92	18.24	150.93	23.04	264.91	317
<i>Maytenus chubutensis</i>	3.13	21.95	263.62	45.88	624.46	264
<i>Adesmia boronioides</i>	3.03	34.41	75.07	33.32	508.47	145
<i>Berberis empetrifolia</i>	4.02	22.45	242.36	45.62	1012.39	233
<i>Baccharis patagonica</i>	2.92	39.35	407.94	22.42	198.38	121
<i>Baccharis tricuneata</i>	2.79	17.90	100.85	39.20	238.51	215
<i>Ochetophila trinervis</i>	3.77	27.40	138.81	56.24	806.96	274
<i>Chuquiraga oppositifolia</i>	3.61	32.65	204.32	51.01	1169.56	120
<i>Fabiana imbricata</i>	2.96	25.42	242.96	9.47	101.70	201
<i>Escallonia alpina</i>	7.94	22.34	290.88	36.00	788.35	602
<i>Senecio gnidioides</i>	3.13	29.36	147.18	137.51	880.73	816
<i>Baccharis neaei</i>	2.79	23.50	125.36	25.46	324.59	161
<i>Discaria nana</i>	3.77	22.60	145.33	89.98	540.09	245
<i>Empetrum rubrum</i>	6.37	15.41	139.88	7.83	55.12	1079
<i>Gaultheria mucronata</i>	6.00	22.36	209.05	20.05	325.29	690
<i>Baccharis tricuneata</i>	2.26	33.81	267.37	28.72	296.05	116
<i>Escallonia virgata</i>	4.75	22.18	208.29	23.20	275.72	196
<i>Lomatia hirsuta</i>	3.60	44.65	447.25	60.89	1745.23	215
<i>Nothofagus antarctica</i>	4.81	53.53	215.94	12.08	510.84	109
<i>Maytenus disticha</i>	5.33	18.95	193.58	60.55	546.90	230
<i>Berberis ilicifolia</i>	2.54	20.94	157.68	71.32	951.16	118
<i>Berberis microphylla</i>	3.75	20.90	583.39	55.25	700.65	233
<i>Chiliotrichum diffusum</i>	2.92	19.40	151.66	23.63	199.31	284
<i>Drimys winterii</i>	5.02	-	-	148.52	2156.04	-
<i>Gaultheria phillyreaefolia</i>	3.13	42.46	401.92	105.60	938.03	80
<i>Berberis trigona</i>	4.29	31.13	179.26	153.47	1078.13	156
<i>Solanum valdiviense</i>	4.59	50.14	374.86	37.41	395.39	78
<i>Maytenus disticha</i>	4.55	18.76	283.47	27.91	338.95	375
<i>Berberis montana</i>	4.27	55.09	339.33	41.95	316.63	106
<i>Escallonia alpina</i>	3.10	23.52	117.33	32.33	249.29	270

Tabela 37 - Média dos caracteres quantitativos do lenho por sítio.

Sítio	Diâm. pontuação	Diâm. vaso	Comp. vasos	Larg. raio	Altura raio	Vasos/mm ²
	(em micrômetros)					
Estepa	3.60	30.64	184.69	42.02	598.83	331
Primeros Pinos	3.03	20.10	207.28	34.46	444.69	291
Rio Ágrio	3.31	28.30	193.01	39.36	552.94	198
Chenque						
Pehuén	4.41	27.44	221.34	58.50	735.09	435
Caviahue	4.41	28.55	216.89	36.53	513.31	338
Las Lecheras	3.07	20.41	297.58	50.07	617.04	212
Valle el Salvo	4.14	36.85	282.70	78.17	781.78	178

Os dados da tabela 36 mostram que a espécie *Empetrum rubrum* apresentou a maior frequência (1079) e também a menor média de diâmetro (15,41) de vasos. Porém, a espécie que apresentou a menor frequência (78) não possui o maior diâmetro dos vasos (50,14), muito embora seu valor seja o terceiro maior entre os diâmetros. Há uma tendência clara inversamente proporcional nos extremos de frequência e diâmetro do lume, ou seja, selecionando as espécies com as cinco maiores e as cinco menores frequência de vasos é possível notar que o aumento da frequência de vasos implica na diminuição do diâmetro dos mesmos (Figura 79).

Figura 79 - Tendências entre diâmetro e frequência de vasos.

Entre as cinco espécies com maior frequência de vasos, duas pertencem ao sítio Caviahue, duas ao sítio Chenque Pehuén e uma ao sítio Estepa. Portanto, três das cinco espécies com maior frequência de vasos pertencem a sítios secos, as outras duas a um sítio intermediário.

Entre as cinco espécies com menor frequência de vasos, as três com menores valores pertencem ao sítio Valle el Salvo que é um dos mais úmidos, e as outras duas pertencem ao sítio Caviahue que é intermediário no gradiente.

Repetindo a análise com as médias de frequência e diâmetro de vasos por sítio, os sítios nos extremos, Valle el Salvo (mais úmido) apresentou a maior média de diâmetro (36,85µm) e a menor média de frequência (178/mm²).

O sítio Estepa (mais seco) não apresentou a menor média de diâmetro nem a maior média de frequência de vasos.

Com relação aos raios, o sítio Valle el Salvo apresentou em média as maiores alturas (781,78µm) e larguras (78,17µm).

No outro extremo do gradiente, o sítio estepa não apresentou as menores médias, porém, o sítio Primeros Pinos que é o segundo mais seco e muito próximo da Estepa apresentou respectivamente as menores médias de altura (444,69µm) e largura (34,46µm). A figura 80 demonstra que há uma forte tendência, diretamente proporcional, entre largura e altura dos raios entre todos os sítios. Uma linha de

tendência exponencial apresentou R^2 de 0,932, demonstrando essa estreita relação anatômica.

Figura 80 - Tendências anatômicas dos raios entre espécies arbustivas

Uma forma de avaliar o efeito do clima na anatomia do lenho é fazer comparações latitudinais, ou seja, comparar caracteres anatomicos do lenho entre diferentes latitudes.

Considerando o contrastante clima nos extremos da América Latina, foram levantados dados qualitativos e quantitativos da dissertação de mestrado de Trevizor (2011) que apresenta a descrição anatômica de 64 espécies arbóreas de formação amazônica, e comparados com os dados anatômicos das espécies arbustivas do Noroeste da Patagônia Argentina.

Uma característica marcante da vegetação lenhosa do Noroeste da Patagônia Argentina é o porte de seus indivíduos. Das 216 espécies descritas para a região (Ferreira, 1998), apenas 10% possui porte arbóreo, entre elas estão duas coníferas (*Araucaria araucana* e *Austrocedrus chilensis*), e algumas espécies dos gêneros *Nothofagus* e *Maytenus*. A grande maioria das espécies lenhosas possuem porte arbustivo pequeno, ou anão, com média de altura inferior a um metro. Algumas espécies arbustivas possuem porte maior, como *Nothofagus antactica*, *Lomatia hirsuta*, *Fabiana imbricata*, *Schinus roigii* etc.

Dessa forma se justifica a comparação da anatomia do lenho entre 64 espécies arbóreas amazônicas e as 32 espécies arbustivas patagônicas.

A frequência média de vasos por milímetro quadrado nas espécies amazônicas foi 6,81. Entre as espécies da patagônia a média foi de 285,35, ou seja, 42 vezes maior. Em valores absolutos, a espécie amazônica que apresentou a maior frequência de vasos foi *Chrysophyllum lucentifolium* com 44, e a espécie patagônica que a apresentou a menor foi *Solanum valdiviense* com 78.

Entre as espécies patagônicas, apenas três apresentaram parênquima axial: *Anarthrophyllum rigidum*, *Colletia hystrix* e *Escallonia virgata*. Entre as amazônicas, 60 das 64 espécies apresentaram parênquima axial.

O único caractere anatômico presente em todas as espécies patagônicas foi a presença de anéis de crescimento distintos. Entre as espécies amazônicas apenas 10 espécies apresentaram anéis de crescimento distintos, embora sua maioria seja pouco demarcado.

Nenhuma espécie patagônica apresentou diâmetro dos vasos maior que 100 micrômetros. Entre as espécies amazônicas, 60 das 64 espécies apresentaram esse caractere.

Nenhuma espécie patagônica apresentou frequência de vasos menor que 40 por milímetro quadrado. Entre as espécies amazônicas todas as espécies possuem menos de 40 vasos por milímetro quadrado.

Nenhuma espécie patagônica apresentou depósitos nos vasos, sejam eles tilose ou goma. Entre as espécies amazônicas 16 das 64 apresentaram depósitos nos vasos.

Entre as espécies patagônicas, 26 das 32 apresentaram espessamento espiralado nos vasos. Entre as amazônicas nenhuma espécie apresentou espessamento espiralado.

Entre as espécies patagônicas 23 das 32 espécies apresentou presença de traqueídeos vasicêntricos ou vasculares no lenho. Entre as amazônicas apenas *Goupia glabra* apresentou presença. Vale ressaltar que das nove espécies que não apresentaram presença de traqueídeos estão as cinco do sítio Estepa.

4.2.2 Confeção de chave dicotômica de identificação

Usualmente as chaves dicotômicas de identificação utilizam o tipo de parênquima axial como caractere básico para separar grupos de espécies e facilitar sua confecção. Porém, apenas 3 espécies arbustivas apresentaram parênquima

axial, portanto, foram necessários outros caracteres de valor taxonômico, ou seja, que não apresentem nenhuma subjetividade e que sejam genotípicos.

Também foram evitados ao máximo os caracteres quantitativos. Quando necessário, foram eleitos os caracteres que apresentavam valores muito distintos e, sobretudo caracteres pouco influenciados pela precipitação. Os resultados estão apresentados abaixo:

CHAVE DICOTÔMICA DE IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES

1	Elementos de vaso presentes.....	2
	Elementos de vaso ausentes.....	<i>Drimys winterii</i>.
2	Parênquima axial presente.....	3
	Parênquima axial ausente.....	5
3	Vasos arranados em grupos.....	4
	Vasos exclusivamente solitários.....	<i>Escallonia virgata</i>.
4	Cristais prismáticos presentes.....	<i>Colletia hystrix</i>.
	Cristais prismáticos ausentes.....	<i>Anarthrophyllum rigidum</i>.
5	Vasos com placa de perfuração escalariforme.....	6
	Vasos com placa de perfuração simples.....	11
6	Vasos com espessamento espiralado.....	7
	Vasos sem espessamento espiralado.....	8
7	Pontoação intervascular escalariforme.....	<i>Gaultheria mucronata</i>.
	Pontoação intervascular oposta.....	<i>Escallonia alpina</i>.
8	Vasos exclusivamente solitários.....	<i>Empetrum rubrum</i>.
	Vasos arranados em grupos.....	9
9	Fibras septadas presentes.....	<i>Azara microphylla</i>.
	Fibras septadas ausentes.....	10
10	Pontoação radiovascular escalariforme.....	<i>Nothofagus antarctica</i>.
	Pontoação radiovascular diminuta com bordas distintas.....	<i>Gaultheria phillyreaefolia</i>.

11	Vasos exclusivamente solitários.....	12
	Vasos arranjados em grupos.....	17
12	Vasos com espessamento espiralado.....	13
	Vasos sem espessamento espiralado.....	<i>Solanum valdiviense.</i>
13	Fibras libriformes presentes.....	14
	Fibras libriformes ausentes.....	<i>Maytenus chubutensis.</i>
14	Raios multisseriados.....	15
	Raios unisseriados.....	<i>Fabiana imbricata.</i>
15	Fibras septadas ausentes.....	16
	Fibras septadas presentes.....	<i>Maytenus disticha.</i>
16	Raios maiores que 1mm.....	<i>Chuquiraga oppositifolia.</i>
	Raios menores que 0,4mm.....	<i>Chiliotrichum diffusum.</i>
17	Vasos sem espessamento espiralado.....	18
	Vasos com espessamento espiralado.....	19
18	Mais de 800 vasos/mm ²	<i>Senecio gnidioides.</i>
	Menos de 300 vasos/mm ²	<i>Lomatia hirsuta.</i>
19	Cristais prismáticos presentes.....	20
	Cristais prismáticos ausentes.....	26
20	Fibras septadas ausentes.....	21
	Fibras septadas presentes.....	<i>Schinus roigii.</i>
21	Raios de dois tamanhos distintos.....	22
	Raios sem tamanhos contrastantes.....	24
22	Pontoação radiovascular com bordas simples arredondadas.....	23
	Pontoação radiovascular escalariforme.....	<i>Ochetophila trinervis.</i>

23	Vasos em arranjo dendrítico formando arcos.....	<i>Berberis empetrifolia.</i>
	Vasos formando anéis semi-porosos.....	<i>Adesmia boronioides.</i>
24	Raios altos e largos.....	25
	Raios bisseriados e baixos.....	<i>Baccharis patagonica.</i>
25	Cristais prismáticos alongados em abundância.....	<i>Berberis ilicifolia.</i>
	Cristais prismáticos em baixa frequência.....	<i>Berberis microphylla.</i>
26	Raios multisseriados.....	27
	Raios unisseriados.....	<i>Stillingia patagonica.</i>
27	Fibras septadas ausentes.....	28
	Fibras septadas presentes.....	<i>Berberis trigona.</i>
28	Raios bi ou trisseriados.....	29
	Raios com 7 ou mais séries de células.....	31
29	Mais de 8 raios por milímetro linear.....	30
	Até 3 raios por milímetro linear.....	<i>Nardophyllum bryoides.</i>
30	Até 8 raios por milímetro linear.....	<i>Baccharis neaei.</i>
	Mais de 15 raios por milímetro linear.....	<i>Baccharis tricuneata.</i>
31	Raios sem tamanhos contrastantes.....	<i>Berberis montana.</i>
	Raios de dois tamanhos distintos.....	<i>Discaria nana.</i>

4.2.3 Análise da ultra-estrutura de traqueídeos de *Araucaria araucana*

Foram fotografadas e mensuradas cerca de 10 mil pontoações de amostras de distintos sítios distribuídos ao longo do gradiente.

Para analisar a frequência das pontoações foram realizadas medições em três posições ao longo da extensão dos traqueídeos, pontas e centro. Porém, análises de correlação indicaram que as medições feitas no centro dos traqueídeos não possuíam correlação com as medições das pontas. Portanto, foram descartadas para avaliação da frequência (Tabela 38), mas mantidos os dados quantitativos da

abertura e da câmara de todas as pontoações (Tabela 39). As médias das medições por sítio estão apresentadas na tabela 40.

A análise dos dados apresentou uma importante tendência de diminuição na frequência de pontoações e aumento da porosidade do margo ao longo do gradiente de precipitação, partindo dos sítios secos (Figura 81) para os úmidos (Figura 82). Os sítios secos apresentaram traqueídeos com duas ou três séries de pontoações ao longo da parede tangencial, já os sítios úmidos apresentaram pontoações unisseriadas em quase todas as amostras, salvo raras ocorrências de duas séries em uma das amostras.

Quanto a porosidade do margo, as amostras dos sítios secos apresentaram margo pouco poroso, semelhante à textura do torus, com alguns espaços vazios apenas para fluxo de solutos. Já nos sítios úmidos foi observada uma maior porosidade no margo, que apresenta um aspecto clássico que lembra uma teia de aranha, ou uma rede, formando uma trama que une a parede da câmara ao torus.

Através de análise de cluster foi possível separar em grupos precisos os sítios secos, intermediários e úmidos a partir dos dados médios de frequência de pontoações entre as amostras (Figura 83). A mesma análise foi feita em nível de amostra, com dados totais dos dois grids mensurados e a mesma tendência foi observada, ou seja, foi possível agrupar quase todas as amostras entre os sítios secos, intermediários e úmidos (Figura 84).

Tabela 38 - Frequência de pontoações num grid de 200x200µm

Sítio	Grid		média
	1	2	
PP1 01	168	156	162.00
PP5 10	186	163	174.50
PP5 04	129	123	126.00
PP5 03	180	157	168.50
PP1 04	134	144	139.00
RA M8 10	153	192	172.50
RA M1 05	184	186	185.00
RA M9 10	138	133	135.50
CP2 76	156	140	148.00
CP 03	176	178	177.00
RLL 131021	127	113	120.00
RLL 131074	136	115	125.50
RLL 131077	113	120	116.50
RLL 131095	141	139	140.00
RLL 131189	131	137	134.00
CA19248	107	96	101.50
CA19213	114	102	108.00
LL2 16	91	79	85.00

LL3 138	77	97	87.00
LL2 155	58	98	78.00
LL3 17	61	53	57.00
RC h 30	73	69	71.00
RC h 12	62	58	60.00
RC h 01	67	89	78.00
RC h 17	77	67	72.00
RC h 21	86	74	80.00
VS1 16	75	59	67.00
VS1 15	84	91	87.50
VS1 10	59	88	73.50
VS2 03	52	88	70.00
VS2 02	69	60	64.50
VS2 07	79	79	79.00
VS2 01	66	44	55.00
VC 07	67	69	68.00
VC 17	59	62	60.50

Tabela 39 - Dados quantitativos das pontoações de *Araucaria araucana* em distintos sítios

Amostras dos Sítios	Dimensões da câmara (µm)		
	Abertura	Largura	Altura
Primeros Pinos – Morro 1 Amostra 01	3.36	12.96	12.70
Primeros Pinos – Morro 5 Amostra 10	3.54	14.46	13.80
Primeros Pinos – Morro 5 Amostra 04	3.66	13.63	13.52
Primeros Pinos – Morro 5 Amostra 03	3.79	14.23	12.67
Primeros Pinos – Morro 1 Amostra 04	4.36	12.83	12.82
Primeros Pinos – Morro 1 Amostra 11	4.02	14.58	12.95
Río Ágrio – Morro 8 Amostra 10	3.49	13.60	13.15
Río Ágrio – Morro 1 Amostra 05	3.57	14.07	12.66
Río Ágrio – Morro 9 Amostra 10	3.87	15.20	13.58
Chenque Pehuén – Morro 2 Amostra 76	3.01	11.88	12.19
Chenque Pehuén – Morro 03	4.66	16.90	14.87
Lonco Luan – Amostra 131021	4.11	13.82	13.35
Lonco Luan – Amostra 131074	3.25	13.67	12.96
Lonco Luan – Amostra 131077	3.54	13.61	12.87
Lonco Luan – Amostra 131095	3.45	13.19	12.43
Lonco Luan – Amostra 131189	3.76	12.23	12.64
Caviahue – Amostra 19248	4.07	15.04	12.62
Caviahue – Amostra 19213	4.54	17.29	14.21
Las Lecheras – Parcela 2 Amostra 16	2.82	11.72	10.04
Las Lecheras – Parcela 3 Amostra 138	4.16	13.07	13.31
Las Lecheras – Parcela 2 Amostra 155	4.27	16.16	14.07
Las Lecheras – Parcela 3 Amostra 17	4.70	16.74	14.18
Rucachoroi – Amostra 30	4.25	14.22	12.24
Rucachoroi – Amostra 12	3.75	15.81	12.84
Rucachoroi – Amostra 01	3.72	12.85	12.19
Rucachoroi – Amostra 17	2.97	12.49	11.30
Rucachoroi – Amostra 21	3.80	13.86	12.86
Valle el Salvo 1 – Amostra 16	3.57	12.26	11.78
Valle el Salvo 1 – Amostra 15	3.70	15.36	13.15
Valle el Salvo 1 – Amostra 10	4.15	15.21	14.76
Valle el Salvo 2 – Amostra 03	3.31	11.58	11.34

Valle el Salvo 2 – Amostra 02	3.56	13.74	11.38
Valle el Salvo 2 – Amostra 07	3.92	12.79	12.40
Valle el Salvo 2 – Amostra 01	4.45	13.44	11.67
Verde Chico – Amostra 07	4.08	13.73	12.52
Verde Chico – Amostra 17	4.17	14.99	12.90

Tabela 40 - Dados quantitativos das pontoações de *Araucaria araucana* em média por sítio.

Sítio	Dimensões da câmara (µm)			Frequência
	Abertura	Largura	Altura	
Primeros Pinos	3.79	13.78	13.08	154.00
Río Ágrio	3.64	14.29	13.13	164.33
Chenque Pehuén	3.84	14.39	13.53	162.50
Lonco Luan	3.62	13.30	12.85	127.20
Caviahue	4.31	16.17	13.41	104.75
Las Lecheras	3.99	14.42	12.90	76.75
Rucachoroi	3.70	13.85	12.29	72.20
Valle el Salvo	3.81	13.48	12.36	70.93
Verde chico	4.12	14.36	12.71	64.25

Figura 81 - A) Geral, B) Detalhe pontoações trisseriadas, C e D) Detalhe margo pouco poroso

Figura 82 - A) Geral, B) Detalhe pontuações unisseriadas, C e D) Detalhe margo muito poroso

Figura 83 – Grupamento entre amostras de *Araucaria araucana* por frequência de pontuações.

Figura 84 - Grupamento entre sítios de *Araucaria araucana* por frequência de pontoações.

A partir das dimensões obtidas da abertura da câmara, diâmetro da câmara, altura da câmara e frequência de pontoações foram realizados novos grupamentos entre amostras (Figura 85) e entre sítios (Figura 86) que apresentaram tendências similares e permitiram separar as amostras entre os sítios secos a úmidos.

Figura 85 - Grupamento entre amostras de *Araucaria araucana* por dados totais.

Figura 86 - Grupamento entre sítios de *Araucaria araucana* por dados totais.

A figura 87 ilustra outra característica interessante dos traqueídeos de *Araucaria araucana* que é a presença de estruturas ou adornos em forma de verrugas na parede celular, na câmara e torus das pontoações areoladas.

As verrugas em parede celular foram descritas por Carlquist (1988) para a família Winteraceae e sua função está relacionada com aumento de resistência à cavitação e embolismos, pois, a superfície mais rugosa conferida pelas verrugas ajuda: i) Aumentar a adesão da água na parede celular, mantendo a coluna de água intacta em caso de stress hídrico; ii) Quebrar pequenos blocos de gelo que estão se formando durante o inverno dentro do lume, melhorando o fluxo e adiando o congelamento de solutos; iii) Quebra de pequenas bolhas de ar dentro da câmara de pontoações. As câmaras das pontoações areoladas são a única opção ao fluxo de

solutos, pois, os traqueídeos são elementos vasculares de extremidades fechadas. Dessa forma, a presença de verrugas na parede da câmara e no torus ajuda a quebrar pequenas bolhas de ar e blocos de gelo, permitindo o fluxo de solutos líquidos com maior segurança, mesmo em situações de stress hídrico ou risco de congelamento.

Figura 87: A) Verrugas na parede secundária; B) Verrugas nas câmaras de pontoações; C) Verrugas na câmara e no torus; D) Verrugas somente nas câmaras da pontoação.

A observação de que há uma forte correlação entre a estrutura morfológica das pontoações e o regime de precipitação entre amostras de diferentes sítios levou à tentativa de utilizar algum parâmetro anatômico para deduzir um índice de mesomorfia (M) como o proposto por Carlquist para espécies de folhosas. Após observações e tentativas foi possível calcular o índice na mesma escala em que foi descrito por Carlquist (1977) a partir da razão entre 10000 e a frequência de pontoações num grid de 200x200 micrômetros (Tabela 40).

Todos os sítios xéricos apresentaram valor de M menor que 75, e os sítios intermediários e úmidos puderam ser classificados como métricos com M entre 75 e 200 (Tabela 41).

Tabela 41 - Índice de mesomorfia (M) estimado a partir da frequência de pontoações

Sítios	RA	CP	PP	CA	VS1	LL	VS2	VC
Índice M	61.0	61.3	66.7	95.2	128.2	129.9	149.3	156.3

Esse índice deve ser interpretado como uma estimativa, pois, foi testado apenas em amostras dos sítios estudados no projeto. Mas apresenta alto potencial para servir como ferramenta auxiliar na descrição e ordenamento de sítios ao longo de gradientes de precipitação.

4.2.4 Potencial dendrocronológico de arbustos

A presença de anéis de crescimento, distintos e bem demarcados, é o principal indicativo do potencial dendrocronológico de uma espécie. Porém, o sucesso num estudo dendrocronológico depende de outros fatores, como: i) Confirmação da anuidade dos anéis de crescimento. Para tal, há diversas técnicas, porém, a mais comum e utilizada é a demarcação cambial, onde se faz uma leve injúria no cambio em uma mesma data (em geral no início da estação de crescimento) ao longo de 2 a 3 anos consecutivos. Essas injúrias irão gerar pequenas cicatrizes no lenho que poderão ser identificadas posteriormente e comprovada assim a anuidade dos anéis de crescimento; ii) Regularidade na forma dos anéis ao longo da circunferência do caule. Uma espécie pode apresentar anéis bem demarcados, porém, deformações no câmbio e tortuosidades geradas ao longo do crescimento da planta podem distorcer e alterar o padrão anatômico dessa espécie, gerando anéis não concêntricos, chamados de anéis ausentes ou faltantes. A presença desse tipo de defeito dificulta muito a análise dendrocronológica, em especial as análises feitas com trados manuais, pois, altera a contagem dos anéis e principalmente a largura entre anéis, interferindo assim nas correlações entre raios e entre árvores estudadas; iii) Longevidade da espécie estudada. A idade da planta é um fator importantíssimo em estudos dendrocronológicos, uma vez que as cronologias por anéis de crescimento dependem de plantas longevas. Outro fator relacionado à idade é a maturidade do lenho. As árvores possuem dois momentos

distintos ao longo de sua vida que refletem em características anatômicas igualmente distintas. Do início de seu crescimento até atingir a maturidade reprodutiva (produção de flores e frutos viáveis) ela produz um padrão anatômico chamado de lenho juvenil, caracterizado entre outras coisas por uma menor densidade, anéis de crescimento mais largos etc. Após a maturidade reprodutiva, a fenologia da planta se altera, pois, deve incluir no balanço anual de produção e armazenamento de energia as etapas de floração e frutificação. Essa nova demanda, altera padrões anatômicos, como o arranjo dos vasos, presença de parênquima marginal, espessamento dos raios etc. Portanto, a idade da planta pode interferir significativamente no seu potencial dendrocronológico.

Levando-se em consideração o contexto apresentado acima, foi determinado o potencial dendrocronológico de algumas espécies de arbustos, a saber, *Chuquiraga oppositifolia*, *Myrceugenia chrysocarpa*, *Fabiana imbricata* e *Nothofagus Antarctica*.

Essas espécies foram selecionadas por serem as mais longevas e serem muito abundantes nos sítios estudados, facilitando uma amostragem rigorosa visando a construção de cronologias. A idade das amostras dessas cinco espécies variou de 50 a 90 anos, sendo *Nothofagus Antarctica*, *Myrceugenia chrysocarpa* as mais longevas.

N. antarctica e *M. chrysocarpa* são espécies típicas de ambientes mais úmidos, servindo até como indicadores na classificação dos sítios dentro do gradiente. *Chuquiraga oppositifolia* e *Fabiana imbricata* são espécies típicas de sítios secos, e *Chuquiraga oppositifolia* é muito dominante na vegetação estepária.

Embora essas quatro espécies tenham sido escolhidas para construção de curtas cronologias, todas as espécies estudadas apresentaram anéis de crescimento presentes e bem demarcados, portanto, é possível estender esse ensaio preliminar para outras espécies.

Fabiana Imbricata é um arbusto de grande porte, quase arbóreo, e possui anéis de crescimento bem demarcados e distintos, além de boa longevidade, com cerca de 50 anos em média entre as amostras. Porém, o fato da amostragem ter sido feita de forma não destrutiva, tomando-se apenas ramos, leva a crer que a idade desses arbustos possa superar os 50 anos.

Outro fato relacionado com a amostragem de ramos foi a presença de larvas de insetos nas porções internas do lenho. Como não foram feitas amostragens do

caule principal não é possível afirmar algo sobre sua presença, mas o fato da espécie ser hospedeira de um inseto de grande porte dificulta muito sua amostragem e diminui seu potencial dendrocronológico (figura 88).

A cronologia construída a partir de 15 amostras de *Fabiana imbricata* apresentou uma correlação entre amostras de 0,42, ou seja, a largura dos anéis de crescimento formados num mesmo ano possui correlação entre amostras e análise temporal de todos os anos comuns entre amostras possui 42% de similaridade. Vale ressaltar que a amostragem foi feita primordialmente para cortes histológicos, ou seja, critérios de seleção de indivíduos e metodologias específicas da dendrocronologia não foram aplicados.

Figura 88 -anéis de crescimento em *Fabiana imbricata*.

Nothofagus antarctica também é um arbusto de grande porte e possui longevidade, com indivíduos superando os 100 anos de idade em amostras de ramos. As análises dendrocronológicas, porém, podem sofrer interferências em função da grande irregularidade do câmbio (Figura 89). Apesar de possuir caules e ramos cilíndricos, o câmbio apresenta uma ondulação que pode interferir na

mensuração dos anéis de crescimento, uma vez que nem sempre elas são paralelas entre si.

Figura 89 - anéis de crescimento em *Nothofagus antarctica*.

A cronologia construída a partir de 23 amostras de *Nothofagus antarctica* apresentou correlação de 0,53.

Myrceugenia chrysocarpa é um arbusto de pequeno porte somente encontrada nos sítios mais úmidos. Os indivíduos coletados apresentaram idades superiores a 70 anos em média, com alguns atingindo 100 anos de idade.

Assim como as outras espécies, apresentou uma característica que demanda cuidados em análises dendrocronológicas que é a presença constante de anéis localmente ausentes e forma ovalada dos ramos (Figura 90). Novamente, a amostragem de ramos favorece a formação de anéis ausentes, porém, não é possível afirmar qual é a realidade do caule principal, bem como a idade exata dos indivíduos.

Apesar das dificuldade que os anéis ausentes apresentam, a cronologia feita com 18 indivíduos apresentou correlação de 0,38.

Figura 90 - anéis de crescimento em *Myrceugenia chrysocarpa*.

Chuquiraga oppositifolia é um arbusto de pequeno porte, mas de grande longevidade, com indivíduos alcançando 80 anos de idade.

A espécie possui anéis de crescimento muito bem demarcados, excelente forma, medula central (Figura 91), ou seja, dentre as espécies foi a única que não apresentou dificuldades relacionadas à amostragem de ramos.

A cronologia feita com 21 indivíduos apresentou correlação de 0,60, sendo a maior entre as quatro espécies estudadas.

Figura 91 - anéis de crescimento em *Chuquiraga oppositifolia*

5 DISCUSSÃO

5.1 Descrição anatômica microscópica do lenho

Dois grandes desafios foram enfrentados durante a execução da tese. O primeiro foi realizar as várias viagens de campo para a patagônia para coletar amostras de lenho, pois, as viagens envolviam uma grande demanda de tempo, dinheiro, uma logística muito bem elaborada para otimizar distâncias percorridas, pontos de hospedagem, período do ano ideal etc. As viagens de campo não seriam possíveis sem o total apoio do corpo técnico, equipamentos, veículos e principalmente a experiência dos pesquisadores do Instituto Argentino de Nivologia e Glaciologia (IANIGLA), localizado em Mendoza, Argentina, capitaneados pelo professor Fidel A. Roig. A relação desse contexto com a descrição anatômica do lenho das espécies amostradas se dá a partir da enunciação do segundo grande desafio do projeto, que foi identificar as espécies coletadas e confeccionar as lâminas histológicas do lenho.

Trabalhar com material de arbustos anões, que em sua grande maioria não ultrapassavam um centímetro de diâmetro, configura numa demanda totalmente distinta na rotina de preparo de corpos de prova, técnicas de corte, técnicas de coloração do tecido, captura de imagens etc.

Apesar de possuírem diâmetro pequeno, as amostras de arbustos possuem alta densidade em função do baixo ritmo de crescimento determinado pelo clima local. Dessa forma, fazer os cortes histológicos com número de amostras restrito, ou seja, sem a possibilidade de fazer grande testes metodológicos, se configurou num grande desafio e aprendizado, pois, demandou contato com grandes histologistas, como Antônio Carlos Franco Barbosa do IPT, leitura de livros etc.

Porém, um aspecto positivo de trabalhar com amostras tão pequenas mas longevas e com anéis de crescimento muito bem demarcados foi a possibilidade de apresentar a idade média das amostras de lenho descritas, destacando que não foi utilizado lenho juvenil nas descrições e contribuindo para a geração de dados inéditos sobre a longevidade de pequenos arbustos patagônicos. A idade real das amostras não pode ser determinada com precisão apenas pela contagem dos anéis de crescimento, pois, foram amostrados caules secundários (ramos), para evitar a

supressão desnecessária das plantas. Mas a possibilidade de datar o tecido que foi usado na descrição é algo inovador que deve ser melhor explorado e difundido entre pesquisadores de anatomia do lenho, sobretudo em análises ecológicas que demandem leituras cronológicas de eventos.

Outra particularidade de se estudar amostras tão pequenas e com baixas taxas de crescimento é a dificuldade em descrever e ilustrar os caracteres anatômicos. Geralmente, os trabalhos de anatomia do lenho apresentam fotos dos três planos de orientação em aumento de 25x para observação geral da estrutura do lenho. Porém, conforme verificado nas imagens descritivas das espécies, para arbustos patagônicos esse aumento dificulta muito a visualização da estrutura do lenho, muito embora tenha sido mantido por questões de normas e para facilitar a comparação entre espécies de distintos biomas.

A utilização das normas IAWA (1989) na descrição anatômica microscópica do lenho apresenta duas facetas distintas em estudos de anatomia do lenho, pois, ao mesmo tempo em que a utilização de códigos para cada característica anatômica facilita a análise comparativa, em análises ecológicas o enquadramento de um caractere dentro de uma categoria pode dificultar sua correta descrição e interpretação.

Caracteres anatômicos quantitativos ficam mais sujeitos a esse tipo de problema. Um exemplo para ilustrar essa situação são os códigos 46 a 50 da IAWA que categorizam o número de vasos por milímetro quadrado.

Para espécies de clima temperado frio, como é o caso das espécies da patagônia argentina, frequências de vasos muito maiores que 100 (categoria 50 da IAWA) são comuns, podendo variar de 120 a 1200 vasos por milímetro quadrado. Portanto, a utilização do código 50 numa análise comparativa pode agrupar espécies com frequências de vasos muito distintas.

Para evitar esse e outros problemas oriundos da utilização dos códigos nas análises comparativas, foram elaboradas tabelas com dados detalhados dos principais caracteres quantitativos e qualitativos para cada espécie, evitando descrições muito extensas em forma de texto e subjetividades oriundas de categorias pré definidas.

A descrição anatômica do lenho de uma espécie deve fornecer dados suficientes para o propósito de cada trabalho, ou seja, deve ser mais ou menos detalhada conforme a necessidade. Análises anatômicas com fins taxonômicos

devem conter o maior numero de detalhes possíveis, já uma descrição anatômica para correlação com propriedades mecânicas da madeira pode ser menos detalhada.

Como o propósito dessa tese é analisar o efeito da variação na precipitação na estrutura anatômica do lenho, foi necessário um enorme esforço em descrever com detalhes a estrutura anatômica de cada espécie, levando em conta a variabilidade dentro e entre amostras de mesma espécie, a variabilidade entre sítios para uma mesma espécie, a variabilidade entre espécies num mesmo sítio etc. Os detalhes apresentados nos resultados serão melhor discutidos nos itens a seguir.

Os macerados das espécies foram realizados conforme metodologia tradicional e foram capturadas imagens em aumentos de 25x e 100x das lâminas temporárias. Porém, a análise posterior da estrutura do lenho revelou a presença de traqueídeos na maioria das espécies, portanto, as imagens de 25x, usualmente utilizadas para medição dos elementos celulares estruturais de folhosas, ou seja, as fibras se tornou insuficiente para separá-las dos traqueídeos. Nem mesmo as imagens de 100x foram suficientes para evidenciar a presença de pontoações areoladas típicas dos traqueídeos.

Seria, portanto, necessário capturar imagens em aumentos de 500x em técnica panorâmica dos traqueídeos e fibras que permitissem a identificação das fibras e a medição do seu comprimento. Isso se configuraria num esforço de tempo incompatível com a realidade da pesquisa e a necessidade dessa informação diante desse cenário.

Após reflexão sobre a baixa importância do comprimento das fibras na análise ecológica das espécies dentro do gradiente de precipitação, uma vez que os traqueídeos dividem funções estruturais com as fibras e vasculares com os vasos, foi decidida a supressão do comprimento das fibras nas fichas biométricas, sendo, porém, mantidas as imagens de material macerado para medições do comprimento dos elementos de vaso e ilustração dos tipos de elementos vasculares presentes nas espécies.

5.2 Análise dendroecológica

A opção por agrupar os resultados oriundos de análises comparativas a partir das descrições anatômicas do lenho num item chamado análise dendroecológica se

deu em função da necessidade de afirmar e difundir o novo momento que vive a anatomia do lenho.

É cada dia mais notória a contribuição da anatomia do lenho na geração de dados confiáveis, com excelente resolução e grande extensão cronológica que refletem as condições da água, do solo, do ar, o clima, entre outros, nas quais se desenvolveu cada planta analisada. Especificamente para a patagônia argentina, onde há muito endemismo na vegetação arbustiva e arbórea, e constantes pressões oriundas de alterações climáticas de níveis regionais a globais, tentar descrever e entender os mecanismos que governam a presença ou ausência de um determinado taxa numa comunidade vegetal é de suma importância para prever cenários futuros de risco de extinção ou favorecimento do crescimento de espécies endêmicas.

O esforço em compreender e avaliar a capacidade de cada espécie em se adaptar a novas condições climáticas não terminará nesse trabalho, senão que se inicia nesse trabalho. A geração de dados, a interpolação de informações de diversos ramos da ciência, como a fitosociologia, a paleobotânica, análises moleculares, desenvolvimento de uma rede de estações climatológicas na patagônia, entre outros, permitirão avaliar e tomar medidas políticas, de manejo, entre outras, visando a manutenção e a proteção da biodiversidade na patagônia e outros biomas.

5.2.1 Análise comparativa da estrutura do lenho de espécies arbustivas

Os resultados apontam para interessantes tendências anatômicas dentro e entre os distintos sítios estudados que permitem entender, entre outras coisas, quais características anatômicas são afetadas pelo clima temperado frio. Mesmo tendo a temperatura média do ar quase constante entre os sítios, há o efeito dos distintos regimes de precipitação ao longo do gradiente.

O fato de todos os sítios estudados estarem anualmente sujeitos aum acúmulo de neve (Figura 92) por períodos longos, que pode chegar a seis meses do ano, demanda dessas espécies grande adaptações como: i) Possuir resistência ao congelamento de solutos dentro de distintos tecidos; ii) Ter janelas muito curtas para eventos fenológicos de recomposição foliar, floração, frutificação e dispersão de sementes; iii) Suportar o cessar da atividade cambial, armazenando de alguma forma compostos energéticos e hormônios para reativação do câmbio.

Figura 92 - *Berberis ilicifolia* um dia após o início da neve.

Morfologicamente pode-se perceber algumas tendências que favorecem a sobrevivência dessas espécies em ambientes tão inóspitos, como: i) Tamanho muito reduzido dos arbustos e hábitos mais chaparrados, ou seja, sem a presença de um caule principal que se eleva do chão, e sim de grande número de perfilhamentos e presença de ramos laterais quase horizontais, paralelos ao chão (Figura 93); ii) Presença de caules fotossintetizantes associados a plantas quase afilas, ou seja, plantas sem folhas. Essa característica permite uma retomada quase instantânea da fotossíntese quando há condições climáticas favoráveis, uma vez que não há necessidade de investir energia em recomposição foliar, ex: *Colletia hystrix*, *Discaria nana* (Figura 94); iii) Substituição de folhas por espinhos e presença de espinhos no limbo foliar. Apesar de ser uma região muito fria, há fauna herbívora na patagônia argentina, sobretudo na zona estepária. A presença de espinhos permite a manutenção da fotossíntese, diminui a predação e favorece um aproveitamento melhor dos recursos energéticos da planta, ex: *Chuquiraga oppositifolia*, *Discaria nana* (Figura 94); iv) Presença de caules subterrâneos e raízes gemíferas. A necessidade de proteção ao frio e alta capacidade de regeneração dos tecidos e

crescimento da planta demanda a existência de tecidos com alto potencial meristemático, e que estejam relativamente protegidos do frio por estarem em sub-superfície ex: *Senecio gnidioides*; v) Presença de flores numerosas, frutos secos, pequenos e com dispersão pelo vento. A necessidade de produzir flores, frutos e dispersá-los num curto período de tempo favorece espécies com flores em capítulos, muitas vezes apétalas, pequenas, extremamente numerosas e com alta capacidade de dispersão pelo vento, uma vez que na patagônia há ventos quase constantes de intensidades variadas. Dessa forma, famílias como Asteraceae possuem grande número de espécies na flora arbustiva patagônica.

Figura 93 -*Discaria nana* hábito chaparrado

Figura 94 - *Discaria nana*, caule fotossintetizante, presença de espinhos

Em nível anatômico, a estrutura do lenho das espécies apresenta outras grandes tendências ou adaptações às condições de baixa temperatura, acúmulo de neve e variações na disponibilidade de água ao longo do gradiente de precipitação, como observado na tabela 17.

Entre os caracteres influenciados de forma dominante pelo clima temperado frio, pode-se destacar:

O fato de praticamente todas as espécies possuírem grande quantidade de traqueídeos associados a fibras e elementos vasculares (Figura 95), foi abordados por Carlquist em 1977, onde ele aponta para a grande vantagem da associação entre fibras, vasos e traqueídeos em espécies sujeitas a algum tipo de risco de cavitação, seja induzida pela baixa temperatura ou stress hídrico, uma vez que a dupla função dos traqueídeos (transporte de solutos e resistência mecânica) associada ao seu formato alongado, de extremidades fechadas e diâmetro reduzido, confere uma enorme resistência aos fenômenos de cavitação e embolismo, pois, gera redundância (alto número de elementos por mm²) e permite estender a atividade cambial por um período maior do ano, pois, propicia a manutenção das folhas por um maior período na planta.

Figura 95 - A) Traqueídeos vasculares; B) Traqueídeos vasicêntricos e vasos alongados

As imagens da figura 95 apontam para uma questão de suma importância quando se relaciona a presença de traqueídeos vasicêntricos e/ou vasculares a espécies de folhosas que é a conceituação dos elementos que cumprem funções vasculares. Nas espécies patagônicas estudadas, a grande maioria dos traqueídeos foi assim denominada segundo conceito proposto por Carlquist (1977), onde ele

associa a função fisiológica dos elementos vasculares com a presença ou ausência de extremidades fechadas. Em outras palavras, Carlquist define como traqueídeo todo elemento que cumpre função vascular no lenho secundário que possui extremidades fechadas, ou seja, que não possuem placa de perfuração em ambas as extremidades, não importante se ontogeneticamente os elementos se assemelhem a elementos de vasos e não possuam parede primária remanescente ou pontoações areoladas. Da mesma forma, os traqueídeos ontogeneticamente oriundos de células iniciais cambiais e que possuem perfil alongado, delgado, pontas afiladas e pontoações areoladas com câmara, torus e margo, são presentes e encontrados em algumas das espécies estudadas.

Essa questão conceitual faz toda a diferença na compreensão da presença desses elementos em folhosas e estreita a sua relação com eventos climáticos extremos de baixa temperatura (geadas), congelamento e stress hídrico. Ainda no mesmo trabalho, Carlquist afirma que os vasos do lenho tardio em espécies de clima temperado são, segundo seu conceito, traqueídeos, pois, seu pequeno diâmetro em função da baixa demanda de transporte em períodos do ano onde a baixa temperatura é acentuada e constante, fazendo com que não sejam formadas placas de perfuração, permanecendo os elementos com parede primária e extremidades fechadas. Além da questão da baixa demanda por transporte em épocas frias, há outras questões fisiológicas relacionadas com a presença de traqueídeos em folhosas, sobretudo os traqueídeos típicos, que substituem as fibras com função estrutural e que possuem pontoação areolada, formato alongado e parede secundária espessa. Entre elas estão a necessidade de aumentar a segurança do sistema vascular frente à baixa temperatura e o stress hídrico, além de estender a atividade cambial por algumas semanas ou meses quando associados às características dendrológicas citadas acima de manutenção das folhas, caules e ramos fotossintetizantes etc.

A presença de espessamento espiralado em quase todas as espécies, também contribui para a manutenção da fotossíntese em períodos onde as condições climáticas são restritivas, uma vez que conferem maior resistência à expansão dos solutos quando congelam dentro dos elementos vasculares, além de conferir grande resistência ao colapso em eventos de cavitação, onde há mudanças abruptas na pressão interna desse elementos Figura 96.

Figura 96: Espessamento espiralado espesso na parede de vaso.

Com relação à ausência de parênquima axial, Carlquist (2015) sugere que não se deve apenas descrevê-lo como ausente ou escasso, e sim questionar que outro tecido ou célula cumprirá suas funções que estão relacionadas à síntese e armazenamento de compostos orgânicos, geralmente com função energética. Nas espécies estudadas uma hipótese para explicar sua ausência se baseia na largura e altura dos elementos de raio das espécies (respectivamente $46,69\mu\text{m}$ e $569,88\mu\text{m}$ em média).

Outra característica dos raios que possui relação com a ausência de parênquima é o número de raios por milímetro. 16 das 32 espécies se enquadraram na categoria numerosos, ou seja, possuem de 4-12 raios por milímetro, e oito espécies na categoria muito numerosos com mais de 12 raios por milímetro quadrado.

Assim se pode concluir que raios largos e numerosos são os elementos ideais para cumprir o papel do parênquima axial, uma vez que sua disposição perpendicular aos anéis de crescimento possibilita o transporte horizontal dos

solutos e compostos sintetizados, além do fato de alterar menos a resistência mecânica do caule em relação a espécies com bastante parênquima axial, pois, permite que o câmbio produza maior quantidade de fibras ou traqueídes.

Quanto à boa demarcação dos anéis de crescimento em todas as espécies, é uma característica esperada, pois, a sazonalidade climática demarcada por períodos de baixas temperaturas e acúmulo de neve faz com que o câmbio cesse sua atividade, produzindo seqüências distintas de lenhos que permitem a datação e aumentam o potencial dendrocronológico da espécie.

Em algumas espécies, como *Baccharis patagonica*, foi observada a ausência de vasos no lenho tardio, substituídos por traqueídeos. Essa característica além de conferir maior segurança, como mencionado acima, ajuda a demarcar ainda mais os anéis de crescimento.

Carlquist em 1975 apontava para a relação inversamente proporcional entre o diâmetro e o número de vasos por mm^2 . Essa característica é uma das tendências anatômicas mais fortes que existem, pois, está presente em quase todos os biomas do planeta. Ela reflete a relação entre segurança e eficiência no transporte, associada com a resistência mecânica da espécie. Dessa forma, há uma grande plasticidade nesses caracteres com a variação das condições climáticas, sobretudo diferenças na disponibilidade de água. Com relação às espécies da patagônia, a baixa temperatura do ar amplifica essa tendência, ou seja, faz os vasos serem extremamente pequenos e numerosos em todas as espécies, mas ainda assim há variações oriundas das condições de precipitação significativas ao longo do gradiente que serão mencionadas a seguir.

Com relação às características anatômicas influenciadas principalmente pela variação na precipitação, foram identificadas algumas tendências que ajudam a compreender e descrever os sítios.

A altura média dos raios e a largura foi maior em sítios mais úmidos, muito embora em todos os pontos do gradiente sua altura e largura média seja relativamente alta em comparação com biomas de climas mais quentes. A altura dos raios é importante para estabelecer pontos de contato com o sistema vascular, uma vez que não há parênquima axial nas espécies estudadas. Carlquist (2015) cita que os raios podem possuir pontoações nas paredes radiais, ou placas de perfuração que permitem contato e fluxo tanto em sentido horizontal radial quanto tangencial de solutos orgânicos e inorgânicos, além de facilitar o contato entre linhas vasculares

adjacentes aos raios. Nesse mesmo trabalho Carlquist comenta sobre recentes estudos que visam explorar o papel do parênquima axial e radial na reversão de embolismos, ou seja, na recomposição da coluna de água que havia sido quebrada.

Segundo dados da figura 79, há uma relação inversamente proporcional e quase linear entre diâmetro do lume dos vasos e densidade de vasos por milímetro quadrado nos extremos do gradiente de precipitação. Essa tendência, apesar de ser também influenciada pela baixa temperatura do ar, demonstra a importância da água na configuração do sistema hidráulico das plantas da patagônia, pois, há uma necessidade de “operar” fisiologicamente numa linha tênue entre o máximo possível de eficiência de transporte e o patamar mínimo de segurança do sistema hidráulico.

O fato de todas as espécies do sítio mais seco (Estepa) apresentarem vasos agrupados (em cachos/clusters), ausência de traqueídeos vasicêntricos ou vasculares, as menores médias de diâmetro de vasos e as maiores médias de densidade de vasos, está ligado ao stress hídrico constante nesses sítios.

A ausência de traqueídeos faz com que a segurança e eficiência do sistema vascular dependa exclusivamente dos vasos e dos raios. A forma mais eficaz de mitigar o embolismo é o agrupamento de vasos, pois, permite uma maior segurança no transporte, uma vez que um grupo de vasos permite que aumentos de pressão interna oriundos de cavitação sejam aliviados rapidamente, pois, a ausência de depósitos e o grande número de conexões através das pontuações intervasculares faz com que esse grupo se comporte como um grande único vaso, com vantagens de redundância em casos irreversíveis de embolismos e grande resistência mecânica através das espessas paredes revestidas por espessamentos espiralados.

Porém, para evitar maiores riscos de cavitação por stress hídrico, há uma significativa diminuição no diâmetro dos vasos no lenho tardio, assim como as outras espécies ao longo do gradiente.

Das únicas três espécies que apresentaram parênquima axial, duas pertencem ao sítio Estepa e a terceira espécie ao sítio Caviahue. Todas, porém, possuem uma característica em comum que pode justificar essa necessidade.

Como mencionado acima, o parênquima axial possui, entre outras funções, a capacidade de ajudar na reversão de embolismos, através da presença de açúcares em seu citoplasma, uma vez que são células vivas. Essa característica vai ao encontro da demanda nessas três espécies de maior segurança hídrica, pois, as

mesmas ao não possuírem traqueídeos em seu lenho, dependem exclusivamente de seus vasos tanto na eficiência quanto na segurança hídrica.

Nas espécies dos outros sítios, onde há presença em abundância de traqueídeos associados a elementos de vasos, sobretudo nos sítios intermediários, justifica a ausência de parênquima axial e a baixa correlação entre diâmetro dos vasos e sua frequência, uma vez que essa tendência, como mencionado acima, reflete a obtenção do ponto ideal entre segurança e eficiência hídrica. A presença de traqueídeos confere automaticamente esses dois quesitos, embora não seja computada como tendência, uma vez que ocorre apenas em biomas específicos, como a patagônia, onde há baixa temperatura média do ar e stress hídrico.

O aumento no diâmetro das pontuações com o aumento da umidade dos sítios (Tabela 37) foi justificado por Wheeler et al (2005) e Choat et al (2006) ao demonstrarem que pelo menos 50% da segurança do sistema hidráulico está ligada as pontuações dos elementos vasculares. Isso não significa que o diâmetro da abertura das pontuações seja definitivo para classificar em mais ou menos vulnerável uma espécie, pois, além do tamanho das aberturas há diferenças na porosidade e espessura das membranas, conforme elucida Choat e outros autores (2004). Entretanto, essa é uma tendência importante relacionada com variações na precipitação ao longo do gradiente.

Com relação às análises comparativas entre os extremos da América Latina, utilizando as 32 espécies da Patagônia Argentina que estão na porção sul do continente em altas latitudes (entre 37 e 38° Sul) e 64 espécies da Amazônia brasileira que estão próximas à linha do equador em latitudes baixas (2° S) no Estado do Pará, é possível relacionar os valores de diâmetro e frequência de vasos com o clima. A figura 97 ilustra um pouco as diferenças marcantes na estrutura do lenho no plano transversal. A espécie com a maior média de diâmetro dos vasos entre as espécies amazônicas *Hymenolobium flavum* (340,76µm), e a espécie de menor média de diâmetro dos vasos entre as espécies patagônicas *Empetrum rubrum* (15,4µm).

Figura 97 - Fotos do plano transversal em 25x de: A) *Empetrum rubrum* e b) *Hymenolobium flavum*.
Barra 25x = 500 μ m

É muito contrastante a estrutura anatômica entre essas duas espécies. Além do diâmetro dos vasos de *Hymenolobium flavum* ser 22 vezes maior que *Empetrum Rubrum*, é notável a presença de 11 anéis de crescimento em *Empetrum* e nem ao menos um em *Hymenolobium*, em função dos contrastantes ritmos de crescimento entre os biomas.

A frequência de vasos é ainda mais contrastante entre as espécies. 1079 em *Empetrum* e 3 em *Hymenolobium*. Porém, o produto da área estimada de cada vaso (186,5 μ m² em *Empetrum* e 91198,6 μ m² em *Hymenolobium*) pela frequência por milímetro quadrado de cada espécie é 201233,5 μ m² em *Empetrum* e 273595,8 μ m² em *Hymenolobium* que representa a área útil vascular por milímetro quadrado é mais próxima uma da outra, ou seja, a tendência mencionada de relação quase linear, mas inversamente proporcional entre diâmetro e frequência de vasos mais uma vez foi justificada, mesmo entre espécies extremas de biomas contrastantes. A média de número de vasos por milímetro quadrado nas 64 espécies amazônicas foi de 6,81, contra 281,35 entre as 32 espécies patagônicas. O diâmetro médio dos vasos entre as amazônicas foi de 179,54 μ m e 28,94 μ m entre as patagônicas.

A presença de parênquima axial nas espécies amazônicas e ausência nas espécies patagônicas está relacionada à função distinta desse tecido entre os biomas. Na patagônia, como mencionado acima, suas principais funções, quando presente, são produzir tecido cicatrizante em caso de injúrias, e armazenar açúcares que auxiliam na reversão de embolismos. Já em espécies tropicais, especialmente em árvores de grande porte, como as espécies utilizadas nessa análise comparativa, a função do parênquima axial é armazenar energia em forma de compostos lipídicos

ou açúcares que são utilizados na recomposição foliar após a temporada de inverno e stress hídrico, e em eventos fenológicos de floração e frutificação, que demandam uma quantidade extra de energia devido à grande quantidade de flores e frutos que cada árvore produz anualmente.

Quanto à ausência de traqueídeos nas espécies amazônicas e massiva presença nas espécies patagônicas, a justificativa está no clima. Nas espécies tropicais não há necessidade do câmbio deixar de produzir vasos e substituir sua presença por traqueídeos, uma vez que a sazonalidade climática, sobretudo variações de temperatura são praticamente zero em baixas latitudes. Há sim um stress hídrico que demanda das árvores estratégias para manutenção de água no solo e armazenamento dentro do caule que é a caducifolia. Mesmo em biomas amazônicos, a estratégia mais importante das plantas para cessar a evapotranspiração é derrubar suas folhas antes do início do período de estiagem. Dessa forma, as plantas evitam colapsos metabólicos inerentes à falta de água. Em alguns sítios amazônicos nem mesmo sazonalidade de precipitação há durante o ano, fazendo assim com que a grande maioria das espécies não apresente anéis de crescimento visíveis, e quando são visíveis, não possuem limites bem demarcados, salvo espécies que possuem anéis semi-porosos ou parênquima axial do tipo marginal.

Raras são as espécies amazônicas que possuem anéis de crescimento anuais bem demarcados apenas pela variação da espessura da parede secundária ao longo da estação de crescimento, que configura o anel de crescimento do tipo zona fibrosa. As raras espécies com zona fibrosa e limites bem demarcados apresentam variações na frequência e diâmetro dos vasos, sendo os mesmo menores no lenho tardio, assim como ocorre nas espécies patagônicas.

5.2.2 Confecção de chave dicotômica de identificação

A contribuição da chave dicotômica de identificação das 32 espécies é facilitar a identificação de futuros materiais coletados de plantas que estejam em estado fenológico vegetativo, ou seja, que não apresentem frutos ou flores no momento da coleta. Dessa forma, a partir da identificação da família ou do gênero por caracteres morfológicos vegetativos será possível identificar as espécies sem a necessidade de retornar ao sítio para amostrar material reprodutivo.

Especialmente para a patagônia essa vantagem configura num enorme avanço nas pesquisas com arbustos, uma vez que somente é possível realizar coletas de amostras de lenho ou para estudos taxonômicos em geral numa janela de dois a três meses do ano, em função da baixa temperatura e acúmulo de neve. E exatamente nessa janela que ocorrem os fenômenos de floração e frutificação, porém eles ocorrem muito rapidamente, e é mais que comum coletar amostras já em estado vegetativo. Dessa forma, a possibilidade de coletar ramos e uma amostra de lenho permite uma identificação com alto nível de segurança após o retorno ao laboratório, facilitando e muito a logística e operacionalidade dos estudos com essas espécies.

A elaboração de chaves dicotômicas de identificação não é um exercício estático, ou seja, quando se agrega uma nova espécie à chave, é necessário adequá-la e buscar cada vez mais detalhes de valor taxonômico para separá-las. A grande vantagem do uso de chaves de identificação é a possibilidade de sempre melhorar a qualidade das imagens capturadas, e buscar características em níveis de detalhes ou em equipamentos distintos e agregar novos caracteres na descrição e identificação das espécies, como por exemplo, imagens ultra-estruturais com microscopia eletrônica de varredura, transmissão, microscopia confocal etc.

É sempre importante ressaltar que a aplicabilidade de uma chave de identificação está geralmente ligada ao sítio onde foram amostradas. Em caso de chaves que contenham todas as espécies de um dado gênero, ou todas as espécies que ocorrem num dado estado ou país, sua amplitude de aplicação se aumenta muito.

Outro grande cuidado que se deve levar ao confeccionar chaves de identificação em gradientes ambientais é selecionar criteriosamente os caracteres, visando eliminar todos aqueles que possuam plasticidade condicionada por fatores ambientais.

5.2.3 Análise da ultra-estrutura de traqueídeos de *Araucaria araucana*

Estudos aprofundados sobre morfologia de pontoações e membranas iniciaram na década de 50 com Wilfred A. Côté, quando descreveu a estrutura do torus e margo e outras particularidades ultra-estruturais das pontoações areoladas. Nas últimas décadas uma infinidade de pesquisadores vem estudando amplamente

esse tema, como: Steven Jansen, Frederic Lens, Brendan Choat, Erik F. Smets, John S. Sperry, Pieter Baas, entre outros, sobretudo relacionando a estrutura de pontoações com riscos de morte em plantas por cavitação induzida por congelamento ou stress hídrico que leva a embolismo e conseqüente falha do sistema hídrico.

O que faz desses resultados únicos é o fato da plasticidade encontrada estar presente numa mesma espécie, sobretudo num ambiente temperado frio entre sítios não tão distantes espacialmente. A diferença maior entre os mesmos é a variação na precipitação anual.

Jansen (2009) aborda diferenças estruturais nas membranas de diferentes espécies e as relaciona com o clima de cada um deles. Nesse trabalho o autor aponta que há uma relação entre a espessura da membrana das perfurações/pontoações intervaskulares e o diâmetro máximo de abertura das perfurações/pontoações, indicando que membranas finas são mais porosas. Herendeen e Miller (2000) afirmam que a morfologia das pontoações produz caracteres de alto valor taxonômico e cladístico, uma vez que é fortemente associada a genética da espécie. Portanto, a plasticidade encontrada em *Araucaria araucana* se torna ainda mais intrigante e carente de maiores estudos.

O padrão observado nos dados da tabela 38 e figuras 81 e 82 no tocante a frequência e porosidade das pontoações areoladas dos traqueídes de *Araucaria araucana* é um resultado inédito e muito promissor.

Considerando-se que todos os sítios estão sujeitos anualmente ao acúmulo de neve no solo e congelamento de solutos dentro do lume das células do lenho, é interessante observar as distintas estratégias de uma mesma espécie para equilibrar a eficiência hídrica com a segurança do sistema vascular.

Em sítios com pouquíssima disponibilidade de água (xéricos) e curto período de tempo onde há condições para o crescimento das plantas, ou seja, quando ocorre o derretimento da neve e aumento da temperatura do ar, explica-se a necessidade de alta eficiência hídrica, para absorver a maior quantidade possível de água num menor espaço de tempo possível. Porém, esses mesmos sítios são extremamente sujeitos a cavitação por stress hídrico e congelamento, dessa forma, há necessidade de aumentar sua resistência ou mitigar os efeitos desses fenômenos

através da presença de verrugas e diminuindo a porosidade do margo das pontoações.

Os riscos de cavitação em sítios xéricos frios, como os sítios Río Ágrio, Primeros Pinos e Chenque Pehuén são ainda maiores, pois, nesses sítios os solos são extremamente rasos, e as Araucárias crescem literalmente sobre fendas nos afloramentos de basalto. Portanto, esses solos não possuem capacidade de armazenar água e disponibilizá-la para as plantas mesmo com o acúmulo de neve, uma vez que somente uma porção superficial do solo se congela durante o inverno patagônico.

Já nos sítios mais úmidos (mésicos), como Valle el Salvo e Verde Chico, onde há maior disponibilidade de água ao longo do ano e solos mais profundos e com capacidade de armazenamento, as Araucárias não necessitam de uma enorme frequência de pontoações para uma rápida absorção de água, portanto, se explica a presença de somente uma série de pontoações nesses sítios, e margo extremamente poroso, visto que há somente riscos de cavitação induzida por congelamento nessas áreas.

Porém, analisando esse padrão sob um ponto de vista distinto que agrega alterações climáticas de nível regional na patagônia, pode-se inferir sobre alguns riscos para os bosques de *Araucaria araucana*. Estudos comprovam que vem ocorrendo mudanças no regime de precipitação da patagônia, e um aumento na temperatura média em cerca de 0,5 grau Celsius nos últimos 80 anos. Nas áreas mais úmidas e que estão sobre a cordilheira dos Andes vem ocorrendo uma diminuição na precipitação anual, bem como nos sítios estepários.

Alterações climáticas nessa escala ocorrem naturalmente na patagônia, porém, os efeitos antrópicos tornam-nas amplificadas, mais drásticas e podem prolongar seus efeitos. Muito se discute sobre potenciais riscos de extinção em massa em decorrência de alterações climáticas, com uma frente apoiando a idéia de que não há risco, devido aos registros históricos de permanência dos bosques frente a inúmeros eventos, como os que estamos experimentando hoje. Outra frente, porém, discute que os efeitos antrópicos de supressão de vegetação, simplificação de habitats, emissão de gases de efeito estufa, entre outros, faz com que as condições de eventos passados não possam servir como comparação e garantia de que eventos futuros serão superados sem riscos.

A observação de que em sítios méxicos onde, em teoria, não há stress hídrico, estão ocorrendo registros de alteração no regime de precipitação e concomitantemente aumento na temperatura média anual faz desses sítios extremamente vulneráveis, pois, com menor volume anual de neve e maior potencial de derretimento da neve devido à maior temperatura, a disponibilidade de água em termos de quantidade e tempo sob condições ideais de crescimento será menor, podendo gerar stress hídrico mesmo em sítios notadamente méxicos.

Soma-se ao risco do stress hídrico a arquitetura das pontoações que apresentam margo muito poroso, portanto, menos seletivo a bolhas de ar, levando à um potencial de morte por embolismo muito maior, ou pelos menos nunca experimentado nessas proporções.

Para os sítios xéricos o aumento da temperatura média do ar causará o mesmo problema, e de certa forma ainda maiores, pois, esses sítios possuem solos com pouca capacidade de armazenar água, e com maior temperatura, há a evaporação da água que já é escassa, gerando riscos imensos de stress hídrico e suas conseqüências.

Além de permitir toda a discussão em torno da frequência de pontoações e porosidade do margo, as tabelas 38 e 39 apresentaram outros aspectos morfológicos importantes. O diâmetro da abertura da câmara das pontoações variou muito pouco entre os sítios e ao longo do gradiente, não apresentando um padrão distinto. Essa característica demonstra o que Herendeen e Miller (2000) afirmaram sobre a forte relação entre genética e aspectos da morfologia de pontoações.

A largura e altura das câmaras das pontoações também variou pouco entre sítios e ao longo do gradiente, mesmo entre amostras que apresentaram pontoações unisseriadas e amostras com pontoações trisseriadas, uma vez que se esperaria menores dimensões devido a maior concentração e grupamento de pontoações num mesmo espaço físico, representado pela parede do traqueídeo.

Mesmo não apresentando padrões muito distintos entre os caracteres quantitativos isolados, ao analisar estatisticamente os dados totais, pode-se estabelecer grupos distintos entre amostras e entre sítios secos e úmidos, conforme os dendrogramas das figuras 85 e 86.

A separação dos sítios ficou ainda mais evidente utilizando apenas os dados da frequência de pontoações por amostras e por sítios (Figuras 83 e 84). A utilização dos dendrogramas torna muito didática a visualização dos resultados das análises

multivariadas estatísticas, permitindo uma leitura e interpretação da variabilidade dos caracteres morfológicos ao longo do gradiente de precipitação.

5.3 Potencial dendrocronológico

A iniciativa de realizar análises dendrocronológicas nessas quatro espécies arbustivas e identificar seu possível potencial dendrocronológico é de suma importância, pois, há poucas espécies arbóreas de grande porte no Noroeste da Patagônia argentina, sobretudo na província de Neuquén. Os bosques dessa região são em sua grande maioria formados por *Araucaria araucana*, há alguns bosques mistos de *A. araucana* e *Nothofagus pumilio*, e alguns bosques puros de *Austrocedrus chilensis*.

Com exceção da *A. araucana*, as outras duas espécies ocorrem somente em áreas próximas da cordilheira, sendo que *N. pumilio* ocorre apenas em áreas úmidas. Isso faz com que a maior parte da província que é coberta pela estepa patagônica tenha somente vegetação arbustiva de pequeno porte ou herbácea.

Mesmo em áreas de maior umidade, há pouca espécies de grande porte, sendo os arbustos responsáveis pela diversidade de plantas lenhosas.

Dessa forma, mesmo utilizando amostras de lenho coletadas para fins histológicos, foi possível aplicar conceitos da dendrocronologia e levantar informações sobre o potencial dessas espécies.

Apesar do pequeno porte da maioria das espécies arbustivas da patagônia, para uma amostragem de maior qualidade e datação mais precisa das plantas, o ideal é fazer coletas de amostras de lenho, utilizando sondas de pressler ou mecanizadas, do caule mais basal. Além disso, uma seleção de indivíduos levando em conta a forma de seu tronco, ausência de inclinações ou tortuosidades, ausência de injúrias ou cicatrizes etc, ajuda na obtenção de amostras com medula central e anéis de crescimento mais uniformes.

Os resultados preliminares oriundos das cronologias curtas, porém, são promissores, visto que defeitos nas amostras não impediram a datação, sincronização dos anéis de crescimento e obtenção de uma cronologia curta com razoáveis correlações.

Chuquiraga oppositifolia foi a espécie que apresentou melhores correlações, muito em função da regularidade de seus anéis de crescimento e principalmente por

ter sido amostrada numa encosta com cerca de 35° de declividade, o que faz com que as condições de retenção e disponibilidade de água sejam bastante similares entre os indivíduos do local.

Outro fator que favorece e aumenta o potencial dessa espécie em estudos dendrocronológicos é sua dominância nessas encostas, o que favorece uma seleção mais criteriosa de indivíduos num futuro estudo.

Nothofagus antarctica é o arbusto de maior porte entre as espécies estudadas, com indivíduos que poderiam ser classificados como arbóreos em alguns sítios. É uma espécie indicadora de umidade e que ocorre em bosques puros ou associadas a *Araucaria araucana*. Seu caule principal possui diâmetro suficiente para amostragem com sonda de pressler, e certamente a qualidade dos anéis de crescimento e a obtenção da idade total das plantas faria com que seu potencial fosse ainda maior. Sua correlação entre indivíduos foi relativamente alta para 23 indivíduos amostrados, porém, o fato de terem sido feitas medições de múltiplos raios compensou o defeito oriundo da ondulação entre os anéis de crescimento.

Em caso de uma amostragem com sonda de pressler, esse defeito poderia reduzir a correlação entre amostras e baixar a correlação da cronologia, porém, é uma espécie com grande potencial, de fácil identificação no campo, é uma espécie abundante nos sítios de ocorrência natural e acima de tudo longa.

Fabiana imbricata mesmo apresentando correlações razoáveis, sendo uma espécie relativamente longa e com anéis de crescimento bem demarcados tem seu potencial muito reduzido em função da presença de larvas de inseto por todo o seu lenho, mesmo nas porções de cerne.

Foi possível identificar alguns raios e construir a cronologia preliminar, porém, o esforço de tempo e os riscos de obtenção de amostras incompletas em caso de amostragem com sondas de pressler faz o potencial dessa espécie ser menor em relação às outras.

Como foram coletadas cerca de 30 amostras em dois sítios apenas, não é taxativa a afirmação de que a espécie não possui potencial dendrocronológico, porém, é bastante provável que a presença de larvas de insetos seja constante por toda a distribuição da espécie. Futuros estudos e ensaios porém são necessários para confirmação dessa hipótese.

Myrceugenia chrysocarpa assim como *F. imbricata*, apresentou defeitos que comprometem seu potencial dendrocronológico. A presença de anéis localmente

ausentes em grande quantidade dificultam muito a obtenção de seqüências lineares para fazer medições da largura dos anéis, demandando muito mais tempo e reduzindo a qualidade dos resultados. Por ser uma espécie de pequeno porte, não é recomendável realizar amostragens com sondas de pressler, ainda mais conhecendo a característica de presença de anéis localmente ausentes, pois, a tamanho reduzido das amostras de sonda potencializam os erros de datação, uma vez que foram detectados pontos onde mais de 10 anéis de crescimento se uniam, dando a impressão de ser um único anel. Isso impossibilitaria a sincronização desse raio com outras amostras, diminuindo sua correlação.

Assim como *F. imbricata*, é necessário realizar uma nova amostragem, dessa vez, do caule mais basal e selecionar indivíduos que apresentem formas mais cilíndricas e que estejam em áreas planas, para verificar se há uma redução no número de anéis localmente ausentes. Caso esse defeito seja mitigado, ou corrigido, a espécie passaria a ter um maior potencial dendrocronológico.

6 CONCLUSÕES

6.1 Anatomia ecológica de arbustos

- A análise comparativa da estrutura anatômica microscópica do lenho de 32 espécies de arbustos patagônicos teve como resultados: i) a eleição de caracteres de valor taxonômico, e posterior confecção de chave dicotômica de identificação; ii) identificação de caracteres exclusivos de ambientes xéricos e mésicos, ou seja, que refletem a disponibilidade hídrica contrastante entre os sítios; além de caracteres comuns ao longo do gradiente, relacionados com o clima temperado frio da região e o efeito dominante das baixas temperaturas na atividade cambial.
- A análise comparativa da anatomia do lenho de 32 espécies arbustivas de clima temperado frio na Patagônia argentina com 64 espécies arbóreas de clima tropical na amazônia brasileira permitiu a identificação de tendências latitudinais, contribuindo para a compreensão dos efeitos regionais do clima na estrutura anatômica do lenho.
- As espécies *Chuquiraga oppositifolia* e *Nothofagus antarctica* demonstraram alto potencial para futuros estudos dendrocronológicos, em função da boa demarcação dos seus anéis de crescimento, longevidade dos indivíduos, abundância em sítios secos e intermediários, respectivamente, além de boas correlações nas cronologias curtas realizadas.
- A geração de dados sobre a idade de arbustos patagônicos através da contagem de anéis de crescimento é de suma importância para estudos de dinâmica da vegetação em áreas sob influência de perturbações, uma vez que servem como ferramentas para futuras datações de eventos, como, erupções vulcânicas, incêndios, avalanches etc.

- As 32 espécies arbustivas estão sujeitas à fenômenos de cavitação induzida por stress hídrico ou congelamento, que podem resultar em embolismos; porém, apresentaram adaptações que sugerem baixa vulnerabilidade ou risco de morte por colapso do sistema hidráulico. Entre essas adaptações se destacam a associação entre fibras e traqueídeos em 81% das espécies arbustivas, o grupamento de vasos nas espécies estepárias, além de diâmetro reduzido nas pontoações intervasculares, alta frequência e pequeno diâmetro do lume dos elementos de vaso.

- A anatomia do lenho isoladamente não responde sobre o limite de distribuição das espécies arbustivas ao longo do gradiente de precipitação, fazendo-se necessária a análise dos aspectos da morfologia externa e hábito das espécies para compreensão da abundância de determinadas famílias e espécies em cada sítio.

6.2 Anatomia ecológica de *Araucaria araucana*

- A utilização da metodologia de *split* ou fraturas orientadas nos ensaios de microscopia eletrônica de varredura se mostrou eficaz na preservação da integridade de membranas nas pontoações dos traqueídes, essenciais nas análises ecológicas da ultra estrutura do lenho.

- A identificação de plasticidade na ultra estrutura das pontoações do lenho inicial dos 50 últimos anéis de crescimento de *Araucaria araucana* ao longo de um gradiente de precipitação se configura num resultado inédito e promissor, sobretudo numa região de clima temperado frio. Esses resultados são indispensáveis para estudos ecofisiológicos, uma vez que há uma forte relação entre segurança hidráulica e arquitetura de pontoações e membranas.

- O índice de mesomorfia proposto por Carlquist exclusivamente para folhosas, foi adaptado para *Araucaria araucana* utilizando a frequência de pontoações num grid,

e permitiu o ordenamento dos sítios ao longo do gradiente de precipitação com base em dados anatômicos, uma vez que a região é carente de dados climáticos instrumentais precisos.

- Apesar da identificação de plasticidade na estrutura das pontoações ao longo do gradiente de precipitação, da alta redundância conferida por traqueídeos, e adornos que sugerem a mitigação da entrada de bolhas no sistema vascular, há indícios de riscos de morte por falha hidráulica em função das mudanças climáticas regionais nas últimas décadas e eventos climáticos extremos, como secas e geadas.

- A análise multivariada de dados quantitativos das pontoações de *Araucaria araucana* e apresentação em forma de dendrogramas permitiu o agrupamento de amostras de sítios xéricos, méxicos e intermediários, coincidindo com o ordenamento teórico e o índice de mesomorfia adaptado.

- A abrangência e aplicabilidade dos resultados obtidos nesse projeto serão cada vez mais aferidas quanto mais amostras e distintos sítios sejam analisados no futuro;

- O estudo de gradientes ambientais através da anatomia ecológica do lenho de árvores e arbustos se apresentou como uma ferramenta segura e eficaz para solucionar demandas científicas relacionadas com taxonomia vegetal, fitossociologia, ecofisiologia vegetal e anatomia ecológica no Noroeste da Patagônia argentina.

REFERÊNCIAS

ACEITUNO P. **On the functioning of the southern oscillation in the south American sector. Part I: Surface Climate.** Monthly Weather Review, Madison, v.116, p. 505-524, 1988

BAAS, P. **Some functional and adaptative aspects of vessel member morphology.** Bot. Ser. Leiden, v.3, p.157-181, 1976

BAAS, P.; MILLER, R. B. **Functional and ecological wood anatomy: some introductory comment.** IAWA Bulletin, Leiden, v. 6 , n.4, p.218-282, 1985

BAAS, P.; SCHWEINGRUBER, F. H. **Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe:** IAWA Bull. Leiden, v. 8, p. 245–274. 1987

BARROS, V.; CORDÓN, V.; MOYANO, C.; MÉNDEZ, R. ; FORQUERA, J. ; PIZZIO, O. **Cartas de precipitación de la zona oeste de las provincias de Rio Negro y Neuquén.** Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina. 1983. 28p.

BONINSEGNA, J.A; ARGOLLO, J; ARAVENA, J.C; BARICHIVICH, J. CHRISTIE, D; FERRERO, M.E; LARA, A; QUESNE, C.L; LUCKMAN, B.H; MASIOKAS, M; MORALES, M; OLIVEIRA, J.M; ROIG, F; SRUR, A; VILLALBA, R; GROSJEAN, M; KIEFER, T. **Dendroclimatological reconstructions in South America: A review.** Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Sheffield, 2009, p.210-228.

CARLQUIST, S. **Wood anatomy of Compositae:** a summary, with comments on factors controlling wood evolution. Aliso, Claremont. v. 6 p.25– 44, 1966

_____. **Ecological strategies of xylem evolution.** Berkeley: University of California Press, 1975. 259p.

_____. **Ecological factors in wood evolution: a floristic approach.** American Journal of Botany, Columbus, v.64, p.887-896, 1977.

_____. **Wood anatomy of Drimys s.s. (Winteraceae).** Aliso, Claremont 12: 81–95. 1988

_____. **Living cells in wood. 1. Absence, scarcity and histology of axial parenchyma as keys to function.** Botanical Journal of the Linnean Society, London, v. 177, n. 3, p.291–321, 2015

CARLQUIST, S. ; HOECKMAN, D.A. **Ecological wood anatomy of the woody southern californian flora.** IAWA Bulletin, Leiden, v. 6, n.4, p.319-347, 1985

CHOAT, B.; JANSEN, S.; ZWIENIECKI, M.A.; SMETS, E.; HOLBROOK, M.N. **Changes in pit membrane porosity due to deflection and stretching the role of vested pits.** Journal of Experimental Botany, Lancaster, v..55, n..402, p. 1569–1575, 2004

- CHOAT, B.; BRODIE, T.W.; COBB, A.R.; ZWIENIECKI, M.A.; HOLBROOK, N.M. **Direct measurements of intervessel pit membrane hydraulic resistance in two angiosperm tree species.** American Journal of Botany, St. Louis, v.93, p. 993–1000, 2006
- CHOAT, B.; JANSEN, S.; BRODRIBB, T.J.; COCHARD, H.; DELZON, S.; BHASKAR, R.; BUCCI, S.J.; FEILD, T.S.; GLEASON, S.M.; HACKE, U.G.; JACOBSEN, A.L.; LENS, F.; MAHERALI, H.; MARTINEZ-VILALTA, J.; MAYR, S.; MENCUCCINI, M.; MITCHEL, P.J.; NARDINI, A.; PITTERMANN, J.; PRATT, R.B.; SPERRY, J.S.; WESTOBY, M.; WRIGHT, I.J.; ZANNE, A.E. **Global convergence in the vulnerability of forests to drought.** Nature, London, v. 491, p.752-755, 2012
- CONTICELLO, L.; GANDULLO, R.; BUSTAMENTE, A.; TARTAGLIA, C. **El uso de plantas medicinales por la comunidad Mapuche de San Martín de los Andes, Provincia de Neuquén (Argentina).** Parodiana, Buenos Aires, v.10, p. 165-180, 1997
- CORADIN, V.T.R.; MUÑIZ, G.I.B. de. **Normas e procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae. II. Gimnospermae.** Brasília, 1991. p. 1-19. (Laboratório de Produtos Florestais – Série Técnica 15)
- CORONA, E. Dendrochronologia: principi e applicazioni. Verona: Intituti Italiano de Dendrochornologia, 1986. 103p.
- CUTTER, E.G. **Anatomia Vegetal.** Editora Roca, São Paulo. 1978, 304p.
- DE FINA, A. **El clima de la región de los bosques Andino-Patagónicos.** En la región de los bosques Andino-Patagónicos, Sinopsis General. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, ,1972.p.35-58.
- DIAZ, H.; MARKGRAF, V. **El Niño and the Southern oscillation; multiscale variability and global and regional impacts.** New York:Cambridge University Press, 2000.496p.
- ESKUCHE, U. **Pflanzensoziologische Untersuchungen in Nordpatagonien. IV. Die Wälder des Nothofagion pumilionis.** Folia Botánica et Geobotánica Correntesiana, Corrientes. Argentina, n. 16, p.47,2002
- FERREYRA, M.; CLAYTON, S.; EZCURRA, C. **La flora altoandina de los sectores este y oeste del Parque Nacional Nahuel Huapi,** Argentina. Darwiniana, Córdoba, v. 36, n.1/4, p.65-79. 1998
- FONTI, P.; VON ARX, G.; GARCÍA-GONZÁLEZ, I.; EILMANN, B.; SASS-KLAASSEN, U.; GÄRTNER, H.; ECKSTEIN, D. **Studying global change through investigation of the plastic responses of xylem anatomy in tree rings.** New Phytologist, Lancaster, v.185, p.42-53, 2010
- GANDULLO, R.; IRISARRI, J.; FAGGI, A.M.; SCARPATI, E.O. **Tipos de vegetación, suelos y temperatura del aire del Parque Provincial Copahue (Neuquén, Argentina).** Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, Buenos Aires, v.3, n.1, p. 13-20, 2001

GANDULLO, R. **Fitosociología de los matorrales de “ñire” (Nothofagus antarctica), con bosque de “pehuén” (Araucaria araucana), del Parque Provincial Copahue. I. Interpretación sintaxonómica.** Candollea, Geneve, v.58,p. 163-181, 2003

GANDULLO, R. ;FAGGI, A.M. **Análisis fitosociológico de los mallines del piso andino del Parque Provincial Copahue, Neuquén, Argentina.**Kurtziana, Córdoba, v. 30, n.1/2, p. 45-55, 2003

_____. **Interpretación sintaxonómica de los humedales del noroeste de la Provincia del Neuquén. Argentina.** Darwiniana, Córdoba, v. 43, p. 10-29, 2005

GANDULLO, R. ;MALETTI, R.;FAGGI, A.M. **Diversidad florística del Parque Provincial Copahue, Neuquén, Argentina.** Kurtziana. Córdoba, v.39,n.3/4, p. 265-281, 2004.

GARREAUD, R.D. ACEITUNO, P. **Atmospheric circulation over South America: Mean features and variability.** In: **VEBLEN ,T.citar todos et al. (Ed.). The Physical Geography of South America.**Oxford, Oxford University Press, 2007.p. 45–66.

GARREAUD, R.D. ;VUILLE, M. ;COMPAGNUCCI, R. ;MARENGO, J. **Present-day South American climate.** Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Sheffield V281: p.180-195. 2009

GIANUCA, A.T. **Análise de gradientes ecológicos: distribuição espacial e regras de montagem das comunidades de aves no litoral sul do brasil.** 2012. 105p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

GONZÁLEZ, M. E.;VEBLEN, T.T. **Climatic influence on fire in Araucaria araucana-Nothofagus forest in the Andean Cordillera of South-Central Chile.** Ecoscience, Laval, v. 13, p.342-350, 2006.

HADAD, M; MARTÍNEZ CARRETERO, E. **El Bosque seco de Araucaria araucana en la patagonia Argentina.** In: JORNADAS ARGENTINAS DE BOTÁNICA, Córdoba. 2009, 223p.

HERENDEEN, P.S; MILLER, R.B. **Utility of wood anatomical characters in cladistic analyses.** IAWA Journal, Leiden, v. 21, p. 247–276, 2000.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS COMMITTEE. **List of microscope features for hardwood identification.**IAWA Bulletin New Ser, Leiden, v.10, n.3, p.219-332, 1989.

JANSEN, S.; CHOAT, B.; PLETTERS, A. **Morphological variation of intervessel pit membranes and implications to xylem function in angiosperms.** American Journal of Botany, Columbus, v.96, n.2, p.409–419, 2009.

JOHANSEN, D.A. **Plant Microtechnique**. New York: MacGraw-Hill Book, 1940.533p.

KITZBERGER, T.; VEBLEN, T.T. Influences of climate on fire in northern Patagonia, Argentina. In: VEBLEN, T.T. et al. (Ed.). **Fire and Climatic Change in Temperate Ecosystems of the Western Americas**. New York :Springer-Verlag, 2003. p. 296-321.

LEIBOLD, M.A; HOLYOAK, M; MOUQUET, N; AMARASEKARE, P; CHASE, J.M.; HOOPES, M.F; HOLT, R.D; SHURIN, J.B; LAW, R.; TILMAN, D. ;LOREAU, M.; GONZALEZ, A. **The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology**. Ecology Letters, Camberra, v.7, p.601-613, 2004

LENS, F; TIXIER, A; COCHARD, H; SPERRY, J.S; JANSEN, S; HERBETTE, S. **Embolism resistance as a key mechanism to understand plant adaptive plant strategies**. Current Opinion in Plant Biology, St. Louis, v.16, p. 287-292, 2013

LEÓN, R.J.C. ;BRAN, D. ;COLLANTES, M. ;PARUELO, J.M. SORIANO, A. **Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina**. Ecología Austral, San Luis, v.8,p. 125-144, 1998

MAITI, R. ;SATYA, P. ;RAJKUMAR, D. ;RAMASWAMY, A. **Crop plant anatomy**. Wallingford, UK: CABI. 2012. 317p.

MARSHALL, G. **Trends in the southern Annular Mode from observations and reanalyses**. Journal of Climate, Cambridge, v. 16, p. 4134-4143, 2003

MARSHALL, G. **Half-century seasonal relationships between the Southern annular mode and antartic temperatures**. International Journal of Climatology, Prague, v. 27, p. 373-383, 2007

METCALFE, C.R. ;CHALK, L. **Anatomy of the dicolydedons. Wood structure and conclusion of the general introduction**. 2nded. Oxford: Clarendon Press, v. 2, 1983, 308p.

MORALES, M.S; CHRISTIE, D.A; VILLALBA, R; ARGOLLO, J; PACAJES, J; SILVA, J.S; ALVAREZ, C.A; LLANCABURE, J.C; SOLIZ, C. **Precipitation changes in the South American Altiplano since 1300 AD reconstructed by tree-rings**. Climate of the Past, Göttingen, v.8, p. 653–666, 2012

NUÑEZ, C. ;NUÑEZ, M. ;KITZBERGER, T. **Sex-related spatial segregation and growth in a dioecious conifer along environmental gradients in Northwestern Patagonia**. Ecoscience, Laval, v. 15, p. 73-80, 2008

OLSON, D.M; DINERSTEIN, E; WIKRAMANAYAKE, E.D; BURGESS, N.D; POWELL, G.V.N; UNDERWOOD, E.C; D'AMICO, J.A; ITOUA, I; STRAND, H.E; MORRISON, J.C; LOUCKS, C.J; ALLNUTT, T.F; RICKETTS, T.H; KURA, Y; LAMOREUX, J.F; WETTENGEL, W.W; HEDAO, P; KASSEM, K.R. **Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth**. Bioscience, Uberlândia, v.51, n.11,p.933-938, 2001

PEÑA, O.;GANDULLO, R. **Vegetación del Parque Copahue. Aplicación de una metodología bioclimática mediante el uso de información satelital y SIG**. Departamento Geografía. FAHU. UNCo. Boletín Geográfico, Córdoba, v. 23, p. 51-70, 2003

PEÑA, O. ;OSTERTAG, G.;GANDULLO, R. **La variabilidad climática y su efecto sobre la capacidad forrajera de un mallín**. Departamento Geografía. FAHU. UNCo. Boletín Geográfico, Córdoba,v. 25, p. 11-28, 2004

PEÑA, O. ;GANDULLO, R.;CAMPO, A. **Comportamiento de la vegetación de un humedal (mallín) entre periodos húmedos y secos mediante análisis hidrológico y espectral**. Revista Investigaciones Geográficas, Alicante, v. 45, p. 229-249, 2008

ROIG, F. La Vegetación de la Patagonia.**En Correa M. Flora Patagónica**. Colecc. Cient. INTA, Buenos Aires,v.8. n.1, p. 48-166, 1998

ROIG, F.A. ROIG, F.A. **Adesmio-Araucarietum, asociación xérica con Araucaria en la estepa Patagónica**.CONGRESO LATINOAMERICANO DE BOTÁNICA,6., 1994. Mar del Plata, Argentina. Mar del Plata, Argentina,1994. 514p.

ROIG, F.A.;VILLALBA, R. **Understanding climate from Patagonian tree rings In: Developments In Quaternary Scienses**. Elsevier B.V, Cambridge, v. 11 cap. 21.p. 411-435, 2008

SASS, J.E. **Botanical Microtechnique**. 2nd ed. IOWA:State College Press, 1951. 228p.

SCHWEINGRUBER, F.H. **Tree Rings: Basics and Applications of Dendrochronology**. Dordrecht, Netherlands:D. Reidel Publishing , 1988. 276p.

SCHWEINGRUBER, F.H. **Tree Rings and Environment: Dendroecology**.Berne, Switzld:Paul Haupt AG Bern, 1996. 609p.

TREVIZOR, T.T. **Anatomia comparada do lenho de 64 espécies arbóreas de ocorrência natural na floresta tropical Amazônica no Estado do Pará**. Dissertação (Mestrado na área de Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2011. 214p.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P.C.; LISI, C. **Potencialidade da família Meliaceae para estudos em dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais** In: ROIG, F.A. (Comp.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo 2000. p. 381-434.

USDA NRCS. **Soil Taxonomy**. 2nd ed. Washington D.C; Government printing office, 1999.. 870p. (Agriculture Handbook, 436).

VEBLEN, T.T.; KITZBERGER, T. ; VILLALBA, R. ; DONNEGAN, J. **Fire history in Northern Patagonia: The roles of humans and climatic variation**. Ecological Monographs, Ithaca, v.69, p.47-60, 1999

WAGNER, S; FAST, I; KASPAR, F. **Comparison of 20th century and pre-industrial climate over South America in regional model simulations**. Climate past, Göttingen, v.8, p.1599–1620, 2012

WEINBERGER, P.. **Beziehungen zwischen mikroklimatischen Faktoren und natürlicher Verjüngung araucano-patagonischer Nothofagus-Arten**. Flora, Freiberg , v.162, n.8, p.157-179, 1973.

WEINBERGER, P. **The regenerations of the Araucano-patagonic Nothofagus species in relation to microclimatic conditions**. Tuatara, Wellington, v. 22, n.3, p. 245 –265, 1977

WHEELER, J.K; SPERRY, J.S; HACKE, U.G; HOANG, N. **Intervessel pitting and cavitation in woody Rosaceae and other vesselled plants: A basis for a safety versus efficiency trade-off in xylem transport**. Plant, Cell & Environment, Malden, v. 28, p. 800–812 , 2005