

CARLOS ALBERTO VARGAS

**ADAPTAÇÃO DA NORMA NBR 7190 PARA AVALIAÇÃO DE ESPÉCIES
DE *Salix* (VIME) VISANDO A UTILIZAÇÃO EM ARTESANATO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do título de “Mestre em Engenharia Florestal”.

Orientadora:

Prof. Dra. Graciela Inês Bolzon de Muñiz

Co-Orientadora

Prof. Dra. Silvana Nisgoski

**CURITIBA
2011**

**Para minha amada,
que jamais se cansa de caminhos iluminar.**

Meus sinceros agradecimentos:

À Prof. Dra. **Graciela Inês Bolzón de Muniz**,
Paciente e perspicaz orientadora.

À Prof. Dra. **Silvana Nisgoski**,
Dedicada e sempre presente co-orientadora.

À Prof. Dra. **Elizabeth Penner** e **Gustavo Macioski**, da UTFPR.

Ao Laboratório de Tecnologia da Madeira da UFPR, representados pelo
Prof. Dr. **Jorge Luis Monteiro de Matos** e por **Rosilani Trianoski**.

Ao Dr. Tássio Dresh Rech e ao Engenheiro Agrônomo Antonio Edu Arruda,
da EPAGRI, pela ajuda prestada em todo o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Sr. Armando Túlio que compartilhou seus conhecimentos sobre o vime e
ajudou no beneficiamento do material para pesquisa.

Aos colegas do Departamento Acadêmico de Desenho Industrial da UTFPR.

Aos amigos do curso de mestrado da UFPR.

À minha família pelo incentivo e paciência.

•

**Todo ponto de vista é
a vista de um ponto.**

Leonardo Boff

RESUMO

A região do vale do Rio Canoas, no planalto de Santa Catarina, é a maior produtora brasileira de vime destinado ao artesanato. É oriundo de algumas espécies de *Salix*. Nessa mesma região encontra-se a Estação Experimental de Lages, da EPAGRI – Empresa Catarinense de Pesquisa e Extensão Agropecuária que, desde 1996, vem desenvolvendo pesquisas visando o aprimoramento e a ampliação das espécies, com o objetivo de promover o artesanato local. Isto tem como consequência, a melhoria da qualidade de vida de muitas famílias que têm no cultivo, beneficiamento e manufatura de produtos em vime sua principal fonte de subsistência. Este trabalho buscou normatizar os procedimentos para determinação das propriedades físicas e mecânicas de *Salix viminalis*, *Salix sp* (sem identificação), *Salix x rubens* e *Salix purpurea*, adaptando a norma NBR7190/1997, às condições dimensionais do vime. A metodologia empregada partiu de uma investigação de métodos normativos específicos para *Salix*. Uma vez não encontrada nenhuma norma técnica que abordasse o tema, procedeu-se a adaptação da norma brasileira que aborda ensaios de madeira maciça convencional, com vistas ao levantamento de propriedades físicas e mecânicas das espécies selecionadas. Após as considerações normativas pertinentes efetuou-se o levantamento das variáveis em conformidade com os procedimentos propostos. A fim de verificar a possibilidade de identificação das espécies, bem como dos sítios de coleta, foram levantados os espectros por meio da técnica de espectroscopia do infravermelho próximo (NIRS). Modelos de calibração foram desenvolvidos com *software Unscrambler* e posteriormente validados a fim de verificar níveis de correlação com os dados físico mecânicos. Os resultados indicam que existem diferenças em nível físico e mecânico, entre as espécies avaliadas. *Salix viminalis* e *Salix purpurea* apresentam similaridade em termos de densidade aparente (12% de umidade) e módulo de elasticidade, tanto para tração de fitas como para flexão estática de varas. *Salix x rubens* e *Salix sp* não apresentam diferença significativa quanto a densidade aparente (12% de umidade) e módulo de elasticidade à tração e flexão. Os modelos de calibração NIR foram capazes de identificar, com boa correlação, tanto entre espécies como sítios, demonstrando que a técnica é compatível com seus propósitos.

Palavras-chave: *Salix*, NBR 7190/1997, vime, propriedades físico-mecânicas, adaptação de norma.

ABSTRACT

The valley of the Rio Canoas in the highlands of Santa Catarina, is the largest Brazilian producer of wicker for craft and is the origin of some Salix species. In this same area is the Experimental Station Lages, which belongs to EPAGRI - Empresa Catarinense de Pesquisa e Extensão Agropecuária which since 1996, has been conducting researches to improve and expand these species aiming to promote local crafts and consequently improve the life quality of such families, which base their subsistence in cultivation, processing and manufacturing of wicker. This study aimed to create a standard of procedures in order to determinate the physical and mechanical properties of Salix viminalis, Salix sp (without identification), Salix x rubens and Salix purpurea, adapting the NBR7190/1997 to the dimensional requirements of wicker. The intention was to apply a methodology of methods specific to Salix. Since no technical standard about this theme was found, the following procedure was adopted; adapt the Brazilian standard for hardwood conventional tests, aiming at survey of physical and mechanical properties of the selected species. After the relevant normative considerations a survey of variables in accordance with the procedures proposed was performed. In order to verify the possibility of identifying the species, as well as the collection sites, the spectra was collected using infrared spectroscopy close (NIRS). Calibration models were developed with the software Unscrambler and subsequently validated to determinate levels of correlation data with the physical mechanics. The results show that there are differences in the physical and mechanical levels among the species evaluated. Salix viminalis and Salix purpurea exhibit similarity in terms of density (12% moisture) and elasticity, for both pulling the tape and bending of sticks. Salix x rubens and Salix sp are not significantly different in density (12% moisture) and tensile modulus for tension and strength. The NIR calibration models were able to identify, with good correlation, both species and sites, demonstrating that the technique is compatible with its purposes.

Keywords: *Salix, NBR 7190/1997, wicker, physical and mechanical properties, adaptation of standard.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - OCORRÊNCIA DE ESPÉCIES DO GÊNERO <i>Salix</i>	12
FIGURA 2 - FEIRA POPULAR PARA COMÉRCIO DE VIME E DERIVADOS - REGIÃO DO DELTA ARGENTINO	13
FIGURA 3 - CULTIVO DE VIME NO VALE DO RIO CANOAS, SANTA CATARINA, BRASIL.....	14
FIGURA 4 - MAPA DO BRASIL E MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGES - VALE DO RIO CANOAS	15
FIGURA 5 - VOLUMENÔMETRO DE MERCÚRIO, LTM, UFPR.....	23
FIGURA 6 - EXEMPLO DE CORTE COM MESA ADAPTADA.....	24
FIGURA 7 - EQUIPAMENTO EMIC COM ACESSÓRIOS PARA ENSAIO DE FLEXÃO	27
FIGURA 8 - LÂMINA INSERIDA NO CUTELO PARA EVITAR ROTAÇÃO	28
FIGURA 9 - DESDOBRAMENTO MANUAL DA VARA DE VIME	29
FIGURA 10 - MÁQUINA PARA PRODUÇÃO DE FITAS	29
FIGURA 11 - ENSAIO DE TRAÇÃO	30
FIGURA 12 - EXEMPLO DE ENSAIO DE TRAÇÃO.....	31
FIGURA 13 - MUNICÍPIOS DO VALE DO RIO CANOAS ONDE SE ENCONTRAM AS UNIDADES DE OBSERVAÇÃO – EPAGRI.....	35
FIGURA 14 - RAMIFICAÇÃO TÍPICA DE <i>Salix sp</i>	38
FIGURA 15 - RAMIFICAÇÃO POR COMPRIMENTO (metros/espécie)	38
FIGURA 16 - CONICIDADE MÉDIA POR ESPÉCIE	40
FIGURA 17 - RELAÇÃO ENTRE TENSÃO (P) E DEFORMAÇÃO (d) - ENSAIOS TRAÇÃO EM MADEIRA.....	44
FIGURA 18 - RETIRADA DA CASCA DE VARAS DE VIME COM A FERRAMENTA MOLA.....	47
FIGURA 19 - RUPTURA DAS FITAS.....	53
FIGURA 20 - ESPECTROS DE ABSORBÂNCIA DE <i>Salix viminalis</i> (1); <i>Salix sp</i> (2); <i>Salix x rubens</i> (3) e <i>Salix purpurea</i> (4).....	57
FIGURA 21 - AGRUPAMENTO DAS ESPÉCIES PELA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	58
FIGURA 22 - VARIAÇÃO DA ESPÉCIE <i>Salix viminalis</i> NOS DIFERENTES SÍTIOS.....	59
FIGURA 23 - VARIAÇÃO DA ESPÉCIE <i>Salix sp</i> NOS DIFERENTES SÍTIOS.....	60
FIGURA 24 - VARIAÇÃO DA ESPÉCIE <i>Salix x rubens</i> NOS DIFERENTES SÍTIOS.....	60

FIGURA 25 - VARIAÇÃO DA ESPÉCIE <i>Salix purpurea</i> NOS DIFERENTES SÍTIOS.....	61
FIGURA 26 - VARIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE <i>Salix</i> NO SÍTIO BOCAÍNA DO SUL	61
FIGURA 27 - VARIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE <i>Salix</i> NO SÍTIO CERRO BAIO	62
FIGURA 28 - VARIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE <i>Salix</i> NO SÍTIO ESTAÇÃO EXPERIMENTAL 1	62
FIGURA 29 - VARIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE <i>Salix</i> NO SÍTIO ESTAÇÃO EXPERIMENTAL 2.....	63
FIGURA 30 - VARIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE <i>Salix</i> NO SÍTIO GARGANTILHA.....	63
FIGURA 31 - VARIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE <i>Salix</i> NO SÍTIO LINO	64
FIGURA 32 - VARIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE <i>Salix</i> NO SÍTIO URUBICI.....	64
FIGURA 33 - CALIBRAÇÃO DENSIDADE COM DEZ COMPONENTES	
PRINCIPAIS.	65
FIGURA 34 - CALIBRAÇÃO DA DENSIDADE COM CINCO COMPONENTES	
PRINCIPAIS.	65
FIGURA 35 - CALIBRAÇÃO MOE PARA ENSAIO DE FLEXÃO.	67
FIGURA 36 - CALIBRAÇÃO MOE PARA ENSAIO DE TRAÇÃO	68

LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELA 1 - VARIAÇÃO DO VOLUME (cm ³) ENTRE OS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO.....	24
TABELA 2 - IDENTIFICAÇÃO DOS SÍTIOS	35
TABELA 3 – QUANTIDADE DE AMOSTRAS POR SÍTIO E ESPÉCIE	37
TABELA 4 - TOTAL DE RAMIFICAÇÕES LATERAIS POR ESPÉCIE, SOMATÓRIA DO COMPRIMENTO DAS VARAS E COMPRIMENTO MÉDIO DAS VARAS	37
TABELA 5 - DIÂMETROS DAS VARAS E DESVIO PADRÃO.....	39
TABELA 6 - CONICIDADE POR ESPÉCIE E DESVIO PADRÃO CORRESPONDENTE	39
TABELA 7 - VARIAÇÃO DA CONICIDADE ENTRE ESPÉCIES E SÍTIOS	40
TABELA 8 - CORPOS DE PROVA DISPONÍVEIS PARA ENSAIOS DE DENSIDADE	49
TABELA 9 - VARIAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE (g/cm ³) ENTRE AS ESPÉCIES E SÍTIOS	50
TABELA 10 - QUANTIDADE DE CORPOS DE PROVA DISPONÍVEIS PARA ENSAIO DE FLEXÃO	50
TABELA 11 - QUANTIDADE DE CORPOS DE PROVA EM CADA GRUPO DIAMETRAL.....	51
TABELA 12 - RELATÓRIO DE ROMPIMENTO NO ENSAIO DE FLEXÃO	52
TABELA 13 - VARIAÇÃO DO MOE FLEXÃO (MPa) ENTRE AS ESPÉCIES E SÍTIOS.....	52
TABELA 14 - VARIAÇÃO DO MOE TRAÇÃO (MPa) ENTRE ESPÉCIES E SÍTIOS.....	53
TABELA 15 - IDENTIFICAÇÃO DOS SÍTIOS	56
TABELA 16 - VALORES DE DENSIDADE PREDITOS E MEDIDOS	66
TABELA 17 - VALORES PREDITOS E MEDIDOS PARA MOE FLEXÃO	67
TABELA 18 - VALORES PREDITOS E MEDIDOS PARA MOE TRAÇÃO (MPa).....	69
QUADRO 1 - CARACTERÍSTICAS TAXONÔMICAS DAS FOLHAS (RESUMO)	16
QUADRO 2 - RESUMO DAS ADAPTAÇÕES DA NORMA NBR 7190/1997	33

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO 1	
ADAPTAÇÃO DA NBR 7190 PARA ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS DE QUATRO ESPÉCIES DE SALIX	19
1.1 INTRODUÇÃO	19
1.2 NBR 7190 – Prescrições para realização de ensaios físico mecânicos	20
1.3 RESULTADOS	22
1.3.1 Densidade	22
1.3.2 Flexão.....	25
1.3.3 Tração	28
1.4 CONSIDERAÇÕES	32
CAPÍTULO 2	
ASPECTOS DA FORMA, DAS RAMIFICAÇÕES E DO RENDIMENTO DA COLHEITA DO SALIX (VIME)	34
2.1 MATERIAL E MÉTODOS	35
2.2 RESULTADOS	36
2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A CONICIDADE, RAMIFICAÇÃO E RENDIMENTO	41
CAPÍTULO 3	
PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO SALIX (VIME)	42
3.1 PROPRIEDADES FÍSICAS	42
3.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS.....	43
3.3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	46
3.3.1 Beneficiamento das varas de vime	46
3.3.2 Determinação das propriedades físicas e mecânicas	48
3.3.3 Ensaio de densidade	49
3.3.4 Ensaio de flexão	50
3.3.5 Ensaio de tração paralelo às fibras	52
3.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS.....	54
CAPÍTULO 4	
ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO	55
4.1 MATERIAL E MÉTODOS	56
4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS	74

INTRODUÇÃO

O debate atual no entorno das questões ambientais vem consolidando o interesse pela família das *Salicaceae*. O crescimento rápido, que influencia na taxa de fixação de carbono e a possibilidade de aplicação na produção de diversos tipos de produtos e outros serviços ambientais, tem impulsionado muitas pesquisas no mundo todo. Somente dois gêneros representam esta família: *Salix* e *Populus* (JOLY, 2002). O *Salix* provavelmente teve surgimento em algum ponto no leste da Ásia, resultado da relação entre o gênero *Chosenia* e outra espécie primitiva do gênero *Populus* (NEWSHOLME, 1992).

Atualmente as maiores áreas plantadas de *Salix* se distribuem entre alguns países do leste europeu e das Américas, além de França, China e Itália. Argentina, China e Chile se destacam com áreas de cultivo na ordem de 46.000 ha, 80.000 ha e 235.000 ha, respectivamente (CERRILO, 2006; INFOR, 1998). O material cultivado e conhecido no Brasil como vime é produto de espécies do gênero *Salix*. Existem entre 330 e 550 espécies (FAO, 1980a; MEIKLE, 1984) que ocorrem principalmente na Europa, Ásia e América do Norte. A grande quantidade de espécies torna a identificação difícil e a facilidade de combinação em ambiente natural, formando inúmeros híbridos, aumenta a complexidade da classificação (CHUNG, 2002).

A América do Sul possui somente uma espécie de ocorrência nativa, o *Salix humboldtiana*, que cresce nas margens de rios na Argentina, Brasil, Chile e Uruguai (FAO, 1980b; ABALOS, 2007). A distribuição no Brasil é bastante descontínua, mas há regiões com introduções bem sucedidas (CARPANEZZI, 1999).

De acordo com Newsholme (1992), um dos fatores que promoveram o intercâmbio regional das espécies e híbridos, no início do século XX, foi a facilidade para o uso do material para o artesanato. Durante muitos séculos, várias espécies foram empregadas na manufatura de objetos, como cestos e móveis (LUPION, 2004). Newsholme (1992) relata que as mais utilizadas para o artesanato são *Salix triandra*, *Salix purpurea* e *Salix viminalis*, por apresentarem varas flexíveis e finas. Outros fatores relevantes e que atuam como facilitadores da proliferação do cultivo do *Salix* no planeta são a facilidade de reprodução vegetativa e de estabelecimento, o rápido crescimento juvenil e o pronto rebrote após a colheita (GARAY, 2002). São significativos também a tolerância à competição no manejo em altas densidades e,

atualmente, a possibilidade de melhoramento genético e seleção clonal (INFOR, 2002; FRANZON, 2004).

Os exemplares arbóreos de *Salix* são conhecidos como salgueiros e chorões e fornecem uma ampla gama de produtos madeireiros e não madeireiros, bem como serviços sociais e ambientais. Entre as aplicações mais usuais se destacam atualmente a produção de fibras vegetais para emprego em bioenergia, a estabilização de terrenos (devido ao sistema radicular), o emprego como alimento para fauna silvestre e outros animais. Ainda é usual sua utilização na recuperação de solos (fitorremediação), em paisagismo, na produção de medicamentos, além de se destacarem no seqüestro e na fixação de carbono (ZASADA, 2002; SUTILI, 2007; URSO, 2008).

Muitos esforços vem sendo conduzidos por várias instituições localizadas em diversos países para consolidar estratégias de conservação de recursos genéticos e estabelecer práticas de uso sustentáveis de seus biomas. O gênero *Salix* é também alvo deste interesse com numerosos reportes nos anos recentes, junto à Food and Agriculture Organization (FAO). Na Argentina, cinco novos clones de *Salix* (*S. sacramenta babylonica*, *S. babylonica* x *S. alba*(2 clones), *S. matsudana* x *S. alba* e *S. nigra*) são fruto de seleção clonal e identificação molecular (FAO, 2010). Segundo o mesmo relatório, a Suécia apresentou 4 novos cultivares, a Croácia registrou 17 novos clones e a Sérvia teve 9 clones registrados.

A distribuição do gênero *Salix*, segundo o portal da *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, 2010), é apresentada na Figura 1. O número de espécies registradas neste órgão chega a 1.923.

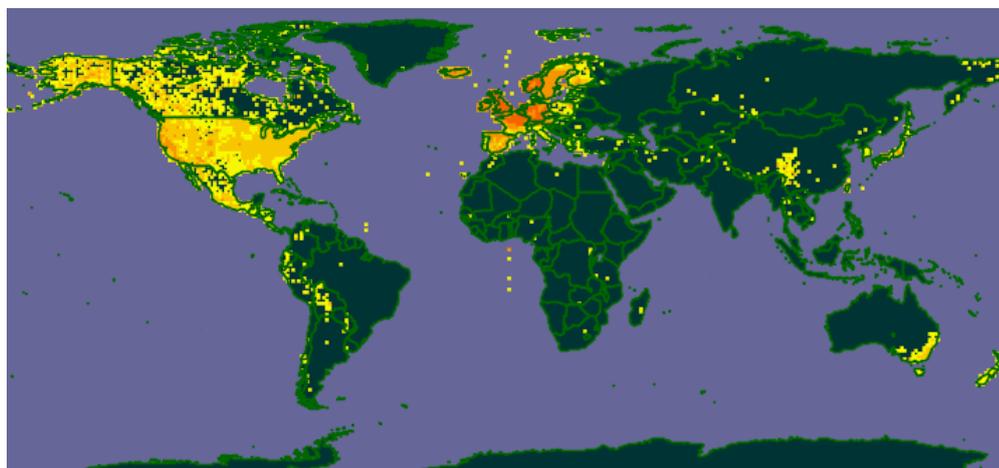


FIGURA 1 - OCORRÊNCIA DE ESPÉCIES DO GÊNERO *Salix*
FONTE – GBIF, 2010

Na América Latina, países como Chile, Argentina e Brasil desenvolvem pesquisa para emprego de espécies de *Salix*. O Instituto Forestal de Chile – INFOR, associado ao Instituto Tecnológico do Chile – INTEC – desenvolveram o projeto “Desarrollo Integral Del Cultivo e Industrialización del Sauce-Mimbre” com atividades de pesquisa contemplando três áreas específicas: Genética e Silvicultura, Industrialização e Mercado. Segundo Abalos (2005), os investigadores chilenos tem trabalhado junto aos produtores de *Salix viminalis* para reanimar o setor de móveis e artesanato, para melhorar sua qualidade e desenvolver novos mercados.

No Delta Del Paraná, na Argentina, propriedades tipicamente familiares apresentam plantios com áreas entre 0,5 e 2,0 ha, para emprego em artesanato e produção de peças de mobiliário. Segundo Alvarez (2005) a área cultivada já foi maior, mas o produto perdeu espaço para similares sintéticos de menor custo. Depois de prolongada decadência o cultivo vem se recuperando graças à paridade cambial, que encareceu a matéria prima sintética importada. A Figura 2 apresenta uma feira popular na região do Delta, onde o vime é utilizado como matéria prima para a produção de uma série de produtos.



FIGURA 2 - FEIRA POPULAR PARA COMÉRCIO DE VIME E DERIVADOS
REGIÃO DO DELTA ARGENTINO
FONTE – AUTOR, 2008

Atualmente a fita natural concorre com a fita sintética, derivada de petróleo e também com alguns cipós, frutos do extrativismo em florestas naturais. Entretanto, o aumento da consciência ambiental comprometeu o uso das fitas sintéticas, face às dificuldades com o descarte, abrindo novos mercados para o vime.

Rech (2006) e Nascimento (2009c) observam que espécies de *Salix* vem ganhando espaço de cultivo no Brasil, no vale do Rio Canoas, região da Serra Catarinense (Figura 3). Esta é uma das melhores regiões do Brasil para o cultivo dessas espécies (EPAGRI, 2002).



FIGURA 3 - CULTIVO DE VIME NO VALE DO RIO CANOAS, SANTA CATARINA, BRASIL.
FONTE - EPAGRI, 2008

A região apresenta altitude entre 850 e 1300 metros e temperatura média anual entre 12 e 19°C além de topografia plana e disponibilidade de grandes quantidades de água (Figura 4).

De acordo com Braun (1998), Moura (2002) e EPAGRI (2006), o material de cultivo predominante no Brasil é um híbrido (*Salix x rubens*), cruzamento de duas espécies européias, *Salix alba* e *Salix fragilis*.

A Empresa de Pesquisa Agrícola e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), em consórcio com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), iniciou um trabalho de introdução de novas espécies de *Salix*, próprias para o fornecimento de vime. As unidades foram enviadas por viveiristas e produtores de vime de países da Europa (Alemanha, Portugal) e da América do Sul

(Argentina, Chile). O material genético encontra-se em testes em Unidades de Observação nos municípios da região de Lages, onde a EPAGRI mantém uma Estação Experimental (MOURA, 2002).



FIGURA 4 - MAPA DO BRASIL E MUNICÍPIOS DA REGIÃO DE LAGES - VALE DO RIO CANOAS
FONTE – WIKIMEDIA, 2010

Em avaliação realizada por extensionistas da EPAGRI (2006), quatro espécies apresentam potencial para emprego em mobiliário e artesanato, que são as atividades de manufatura mais significativas da região: *Salix x rubens*, *Salix viminalis*, *Salix purpurea* e *Salix sp.*

- a) Os pesquisadores apresentam o *Salix x rubens* como sendo uma espécie vigorosa e tolerante a pragas e doenças. As ramificações laterais são freqüentes e se soltam facilmente de seu ponto de inserção. De fácil propagação vegetativa, apresenta limitada flexibilidade, dificultando a atividade dos artesãos. Braun (1998) relata que a espécie não possui

boas propriedades para o artesanato fino e a falta de conhecimento técnico de manejo contribui para a baixa qualidade do produto.

- b) Os clones do *Salix viminalis*, embora apresentem menor ramificação e uniformidade no comprimento da vara, propriedades altamente sintonizadas com as necessidades dos artesãos, demoram mais para produzir e as plantas são menos vigorosas e mais suscetíveis ao ataque de pragas. Entretanto existem relatos de clones com maior resistência (GARAY, 2002; UNDURRAGA, 1998).
- c) O *Salix purpurea* apresenta baixa produtividade e pouca ramificação. Produz excelente material para artesanato. A cor avermelhada se destaca no trabalho dos artesãos, pois produz um efeito estético interessante. Normalmente o material é utilizado com casca, já que é bastante difícil a sua retirada. Não é sujeita a ataques de bovinos e outros herbívoros, provavelmente em função do alto teor de tanino (EPAGRI, 2006).
- d) Quanto ao *Salix sp.*, os pesquisadores da EPAGRI relatam que se trata de uma variedade do *Salix viminalis*, popularmente denominado como vime borracha, não apresentando relatos taxonômicos.

Para facilitar a comparação entre as espécies apresenta-se a seguir algumas características de folhas em formato tabular (Quadro 1) das espécies *Salix x rubens*, *Salix purpurea* e *Salix viminalis*.

CARACTERÍSTICA	<i>Salix x rubens</i>	<i>Salix purpurea</i>	<i>Salix viminalis</i>
COMPRIMENTO (cm)	11 a 15	2 a 8	10 a 15
LARGURA (cm)	2 a 3	0,5 a 3	0,5 a 1,5
BORDA	Serreada	Serreado suave	Irregular
FORMATO	Lineares	Lineares	Linear lanceolada
COR FACE SUPERIOR	De verde prateado a verde escuro brilhoso	Verde escuro opaco	Verde escuro levemente brilhante
COR FACE INFERIOR	Verde escuro levemente brilhante	Verde acinzentado	Prateada
INSERÇÃO NO CAULE	-	Opostas a levemente alternadas	Alternada
OBSERVAÇÃO	Caducas	Caducas	Caducas

QUADRO 1 - CARACTERÍSTICAS TAXONÔMICAS DAS FOLHAS (RESUMO)
FONTE – CHUNG, 2002

O cultivo do *Salix* na região do vale do rio Canoas apresenta grande relevância social, econômica e ambiental. Na proporção em que a atividade ganha importância, firmaram-se também parcerias entre vários atores do conjunto da sociedade. A inserção da atividade no sistema nacional de crédito rural, a participação de prefeituras municipais, de agências de pesquisa, de associações de trabalhadores e universidades vem contribuindo positivamente para a estruturação e consolidação da cultura do *Salix*.

Apesar de já terem sido realizados alguns estudos sobre espécies de vime no Brasil, ainda há muito a ser pesquisado, os agricultores e os artesãos dependem do resultado de trabalhos como este para melhorar suas condições de vida e produção.

O objetivo geral para este trabalho compreende uma proposta de adaptação da norma brasileira NBR 7190/1997 (Estruturas de madeira) para aplicação de ensaios físicos e mecânicos em espécies de *Salix* destinadas ao artesanato e à produção de mobiliário.

Os objetivos específicos pretendem compatibilizar as condições normativas para ensaios físicos e mecânicos às propriedades dimensionais e geométricas de quatro espécies de *Salix*, bem como aplicar os ensaios em um lote de amostras. Os resultados serão avaliados e comparados com dados levantados através da espectroscopia do infravermelho próximo.

Este trabalho é apresentado em seis etapas, sendo uma introdução seguida de quatro capítulos e um tópico de considerações finais, cujo conteúdo é resumido a seguir:

INTRODUÇÃO – busca-se contextualizar o leitor sobre as espécies estudadas, no que tange à sua importância econômica e social em distintas regiões do planeta, particularmente na América Latina. Apresenta-se também os esforços de pesquisa e do cultivo de *Salix* na região do vale do rio Canoas, estado de Santa Catarina, localizado na região sul do Brasil, bem como os objetivos geral e específicos.

CAPÍTULO 1 - ADAPTAÇÃO DA NORMA NBR 7190/1997 PARA ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS DE QUATRO ESPÉCIES DE *Salix* - Trata da importância das normas para a padronização e demonstra situações em que a norma precisa ser

adaptada, a fim de atender requisitos específicos de amostras cujas dimensões e características geométricas não atendem as especificações normalizadas.

CAPÍTULO 2 – ASPECTOS DA FORMA, DAS RAMIFICAÇÕES E DO RENDIMENTO DA COLHEITA DO *Salix* (VIME) - Apresenta os resultados obtidos a partir da preparação do material para os demais ensaios: comprimento e conicidade dos ramos e quantidade de ramificações laterais por espécie estudada.

CAPÍTULO 3 - PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO *Salix* (VIME) - Apresenta os resultados dos ensaios sobre as propriedades físicas e mecânicas, relevantes para a utilização das espécies selecionadas de vime no artesanato e no mobiliário.

CAPÍTULO 4 – ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO – Descreve brevemente os princípios envolvidos na tecnologia do infravermelho próximo e apresenta análise dos dados processados para as espécies.

CONSIDERAÇÕES FINAIS - Faz uma síntese dos resultados e apresenta sugestões para futuros trabalhos.

CAPÍTULO 1

ADAPTAÇÃO DA NBR 7190 PARA ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS DE QUATRO ESPÉCIES DE *Salix*

1.1 INTRODUÇÃO

A evolução da sociedade está intimamente relacionada com a contínua incorporação de novas necessidades nas áreas de produtos e serviços. O uso de normas técnicas dá suporte a demandas, como as novas exigências de consumidores e mercados, cada vez mais criteriosos e competitivos. São exemplos de fatores contemporâneos o desenvolvimento sustentável, aspectos ambientais, sociais, tecnológicos e de segurança. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas é o foro normativo, previsto no âmbito do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Atualmente não estão disponíveis normas para o ensaio de todo e qualquer tipo de material, sendo necessários esforços no sentido de adaptar os preceitos normativos aos que possuem propriedades distintas das previstas em normas, como o ensaio de propriedades físicas e mecânicas de varas e fitas de vime.

O material é utilizado basicamente em dois padrões geométricos, varas cilíndricas de comprimento variável e fitas produzidas com espessura de até três milímetros e largura também variável.

As buscas por normas dedicadas a investigação das propriedades deste material, em outros países, resultaram negativas. Na América Latina, o Chile possui duas normas para o segmento de móveis e artesanato em vime, instituídas pelo *Instituto Nacional de Normalización*. São as normas NCh 2039/1999 e NCh 2532/2000. A primeira versa sobre características físicas do vime e a segunda possui o título: *Muebles de mimbre – Requisitos*. Em seu corpo esta norma declara que, por não existir norma internacional, foi apoiada em norma Filipina, aplicada na produção de mobiliário de ratam.

No contexto do projeto do INFOR (*“Desarrollo Integral del Cultivo y la Industrialización del Sauce-mimbre”*) apoiada na norma chilena NCh 176, parte 1 e 2, Garay (2002) apresentou um trabalho de caracterização físico mecânica de espécies disponíveis em seis regiões de cultivo. Em que pese o positivo caráter exploratório do trabalho, as condições dimensionais e geométricas dos corpos de

prova, os equipamentos e o tratamento estatístico dos ensaios são descritos resumidamente, dificultando sua réplica.

Tendo em vista o exposto, trabalhou-se como referência normativa a NBR 7190/1997 - Projeto de estruturas de Madeiras, que prescreve as condições que devem ser seguidas no projeto, na execução e no controle de estruturas de madeira, como pontes e telhados e a partir do ano de 1997 adotou o método probabilista de estados limites, semelhante ao usado nos projetos de estrutura de concreto e aço. Como estas estruturas empregam peças de grandes dimensões e seções retas normalmente quadradas ou retangulares, resultam comprometidas algumas recomendações para o ensaio de corpos de prova cilíndricos de madeira de pequenas dimensões.

A determinação dos tipos de ensaios a serem efetuados levou em consideração o processamento do material, seu manuseio para a manufatura e as propriedades desejadas no produto produzido (NASCIMENTO, 2009a). A densidade é uma das mais relevantes propriedades da madeira (LOGSDON, CALIL, 2002; LOGSDON *et al* 2008) e possui elevada correlação com outras características. A aplicação de varas em estruturas de móveis conduziu ao ensaio de flexão, com a determinação do módulo de elasticidade a flexão. A qualidade da fita foi avaliada no ensaio de tração, com a determinação da resistência à tração e do módulo de elasticidade.

1.2 NBR 7190 – PRESCRIÇÕES PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS FÍSICO MECÂNICOS

De acordo com a NBR 7190, a umidade dos corpos de prova para levantamento de propriedades físicas e mecânicas adota a umidade de referência de 12%, protocolo seguido pela maioria das normas internacionais. Para uma condição particular de umidade a massa específica é denominada “massa específica aparente” e deve sempre ser indicada. A equação resulta, para o caso particular de 12%:

$$\rho_{ap} = \frac{m_{12}}{v_{12}}$$

Onde:

ρ_{ap} = massa específica aparente a 12% de umidade (kg/m³)

m = massa a 12% de umidade (kg)

v = volume a 12% de umidade (m³)

A condição de umidade de 12% é obtida em câmara climatizada a temperatura de 20°C (+/- 3°C) e umidade de 65% (+/- 1%), até a amostra apresentar peso constante. Esta condição se enquadra na classe de umidade 1 (um), conforme Tabela 7 da norma NBR 7190. Esta mesma norma admite como desprezível a influência da temperatura na faixa usual de utilização (10°C a 60°C).

Os dados para determinação da densidade aparente são coletados em laboratório, sendo o peso do corpo de prova obtido em balança de precisão, enquanto que o volume depende das dimensões e da qualidade geométrica da amostra. Existem dois métodos para determinação do volume. No primeiro, que consiste no método estereométrico, o volume pode ser obtido por medição direta (paquímetro, micrômetro) e cálculo posterior. No segundo a determinação do volume é realizada por imersão em água ou mercúrio, conhecido como método por deslocamento.

Com relação às dimensões dos corpos de prova, a NBR 7190, determina, no seu anexo B, que os corpos de prova para ensaio de densidade devem apresentar dimensões de 2 x 3 x 5 cm, retirados a uma distância equivalente de pelo menos cinco vezes o valor da menor dimensão da seção transversal. O corpo de prova deverá apresentar pelo menos cinco anéis de crescimento, devendo ser retirado pelo menos a 30 centímetros das extremidades da peça. A determinação do volume deve ser feita pelo método estereométrico, ou seja, a partir da leitura das dimensões do corpo de prova e o posterior cálculo do volume. Para corpos de prova com variações geométricas também se faz necessária a medição em vários pontos e o cálculo da média para a redução do erro.

A rigidez da madeira à flexão é caracterizada pelo módulo de elasticidade na fase elástico-linear do diagrama carga x deslocamento, de acordo com a NBR 7190, anexo B. O ensaio de flexão determina a rigidez da madeira dado pela máxima carga que pode atuar em um ensaio de flexão simples, ou seja, com corpo de prova bi-apoiado e carga aplicada na meia distância dos apoios (NBR 7190). O módulo é determinado nos pontos que correspondem respectivamente a 10% e 50% da carga máxima de ensaio.

A NBR 7190, anexo B, está formatada para a determinação da resistência e da rigidez à flexão de lotes homogêneos e de seção reta quadrada, com 5 cm de lado. O carregamento deve ser aplicado na meia distância entre dois pontos de apoio articulados móveis. O vão livre entre os apoios sugerido pela norma é de 21

vezes a medida da altura do corpo de prova. Como esta situação não se aplica ao vime (material muito flexível e de pequenas dimensões), foram realizados alguns ensaios preliminares na tentativa de determinar uma nova relação entre diâmetro do corpo de prova e distância entre os apoios. A referência utilizada foram os diagramas da norma NBR 7190, que apresentam a relação entre carga e flexão na flexão.

Para os ensaios de tração a NBR 7190 indica um comprimento não inferior a $8 \times \sqrt{A}$, onde A representa a área da seção reta do material a ensaiar.

Segue o relato das modificações realizadas na norma a fim de adaptá-la às condições do material a ser ensaiado.

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Densidade

As dimensões sugeridas na norma não são compatíveis com o vime, pois as varas apresentam entre 3 e 20 mm de diâmetro na base, fazendo-se necessário o ensaio com corpos de prova menores que os estabelecidos na NBR 7190. Também foi modificada a posição mínima de extração do corpo de prova, que, segundo a norma não deve estar localizado a menos de 30 cm da extremidade inferior da peça (base). Para esta situação foi avaliado visualmente o lote de material e arbitrado o valor entre 10 e 15 cm, tendo em vista o critério de retilinidade da extremidade inferior das varas. O vime é colhido anualmente, portanto a prescrição referente aos cinco anéis de crescimento também foi desconsiderada.

Como a cilindridade dos corpos de prova é bastante comprometida, optou-se pela medição do volume pelo método estereométrico e também pelo método do deslocamento, para comparação dos resultados. O método por deslocamento utilizou um volumenômetro de mercúrio (Figura 5A), que determina o volume de corpos de prova de pequenas dimensões, mediante sua imersão em um recipiente com mercúrio (Figura 5B).

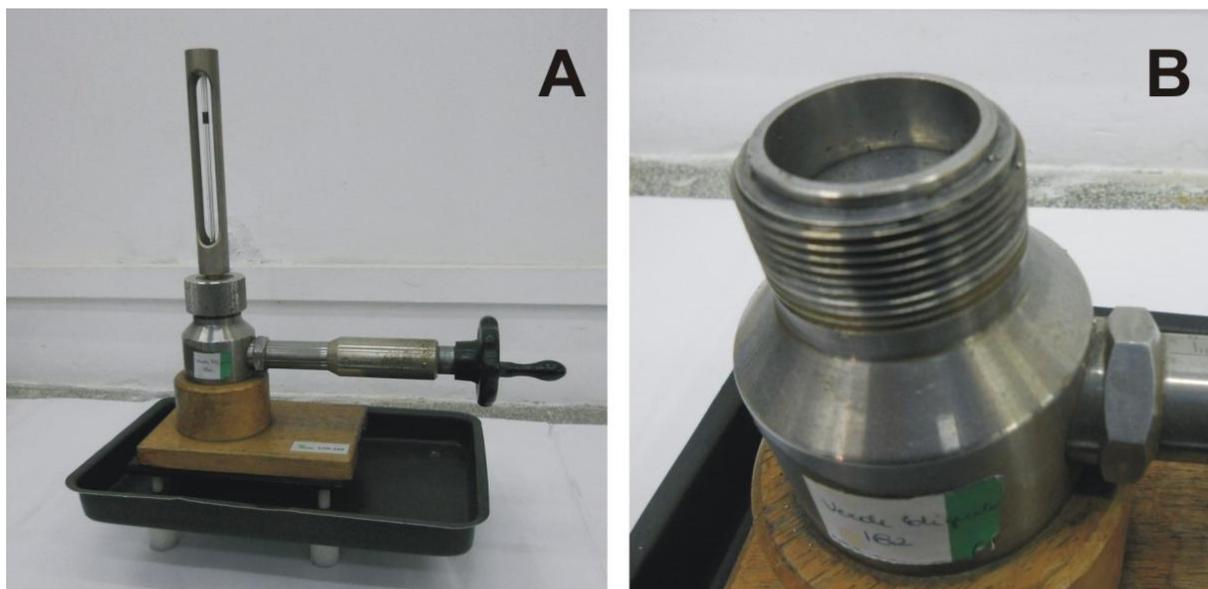


FIGURA 5 - VOLUMENÔMETRO DE MERCÚRIO, LTM, UFPR
FONTE – AUTOR, 2010

Menores diâmetros resultam em maiores comprimentos, até o limite de 27 mm, em função do tamanho do recipiente. Inversamente, maiores diâmetros implicam em menores comprimentos (aproximadamente 23 mm). Foram retirados 116 corpos de prova da região que compreende entre 100 e 150 milímetros acima do ponto em que a vara foi cortada da cepa. A região inicial foi descartada em função da baixa retilinidade do segmento.

O corte dos corpos de prova foi realizado com um disco de serra com dentes de metal duro, a uma velocidade de 10.000 rotações por minuto, em uma mesa adaptada para esta função (Figura 6) constituída de: um mordente para fixação do material a ser cortado e de uma guia linear para deslocamento da serra. O objetivo do emprego da mesa foi a produção de corpos de prova com seções retas livres de rebarbas e irregularidades, além de ortogonais em relação ao eixo longitudinal da vara.

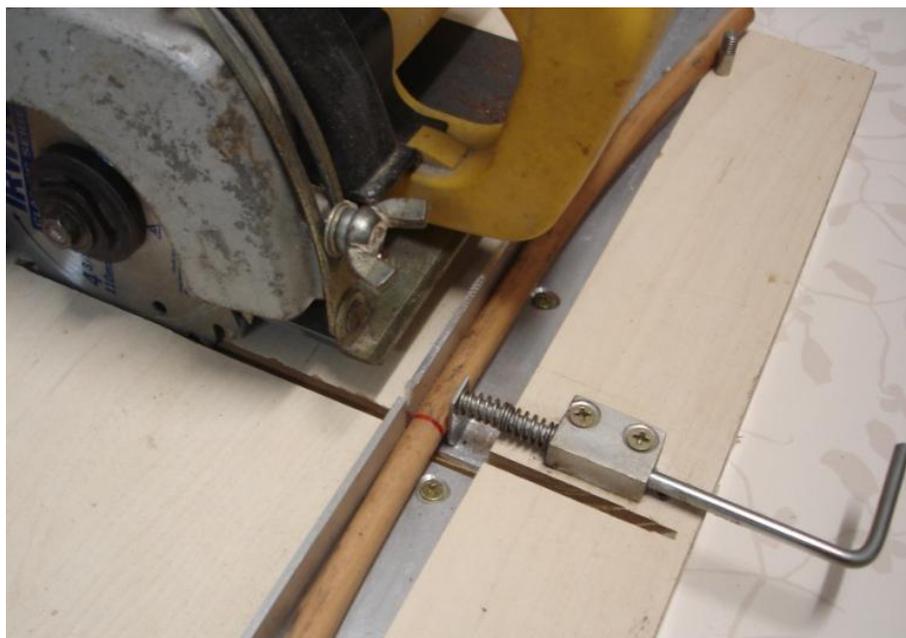


FIGURA 6 - EXEMPLO DE CORTE COM MESA ADAPTADA
FONTE – AUTOR, 2010

Para o método estereométrico, e as mesmas 116 amostras, utilizou-se um paquímetro com precisão de 0,01 mm.

Na equação $V = (\pi d^2/4) \times L$, o diâmetro do corpo de prova (d) foi considerado pela média aritmética de duas leituras, a primeira referindo-se ao menor diâmetro encontrado e a segunda ao maior diâmetro. O comprimento (L) foi obtido com uma única leitura.

De acordo com o teste de Tukey, ao nível de 95% de probabilidade, a determinação do volume pelo método estereométrico e do deslocamento não diferem entre si (Tabela 1).

TABELA 1 - VARIAÇÃO DO VOLUME (cm³) ENTRE OS MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO

VALORES	VOLUMENÔMETRO	ESTEREOMÉTRICO
Mínimo	0,92	0,90
Média	2,57	2,58
Máximo	5,98	6,12
Desvio padrão	0,91	0,95

1.3.2 Flexão

a) Módulo de Elasticidade

De acordo com Bodig e Jayne (1993) a equação que determina a deflexão de um corpo de prova apoiado nas duas extremidades e submetido a uma carga em seu ponto central é:

$$D_{max} = (P \cdot L^3) / (48 \cdot E \cdot I) \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

D_{max} = Deslocamento até o limite proporcional (m)

P = Carga no limite proporcional (N)

L = Distância entre os pontos de apoio (m)

E = Módulo de elasticidade (MPa)

I = Momento de inércia da seção transversal (m⁴)

A variável que considera o formato da seção transversal no levantamento do módulo de elasticidade em ensaios de flexão é o momento de inércia. Os corpos de prova padronizados pela NBR 7190 para o ensaio de flexão possuem seção reta quadrada (5 x 5 cm). Para as situações em que o material disponível apresenta seção reta circular é necessário considerar a equação do momento de inércia para seção circular, que é:

$$I = (\pi \cdot d^4) / 64 \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

I = Momento de inércia (m⁴)

d = Diâmetro da seção reta no ponto de aplicação da carga (m)

Aplicando (equação 2) em (equação 1) e isolando o módulo de elasticidade, resulta:

$$D_{max} = (P \cdot L^3) / (48 \cdot E \cdot (\pi \cdot \frac{d^4}{64}))$$

$$E = (4 \cdot P \cdot L^3) / (3 \cdot \pi \cdot D_{max} \cdot d^4) \quad (\text{equação 3})$$

A equação 3 deve ser utilizada na elaboração das rotinas de ensaio nas máquinas que apresentam aquisição automática de dados.

b) Determinação da máxima resistência da madeira à flexão

A máxima tensão que um corpo de prova suporta no ensaio de flexão simples, é dada por:

$$f_M = M_{max}/W_e \quad (\text{equação 4})$$

Onde:

f_M = Resistência da madeira à flexão

M_{Max} = Momento máximo aplicado ao corpo de prova

W_e = Módulo de resistência elástico.

O momento máximo para um corpo de prova bi-apoiado e carga aplicada na meia distância entre os apoios é determinado pela equação 5.

$$M_{Max} = P \cdot L/4 \quad (\text{equação 5})$$

Onde:

P = carga (N)

L = Distância entre apoios (m)

O módulo de resistência elástico (W_e) é determinado por:

$$W_e = I/c \quad (\text{equação 6})$$

Onde:

I = Momento de inércia da seção transversal.

c = Distância da linha neutra da seção até a borda mais distante do corpo de prova (equivalente ao raio da seção reta circular).

O momento de inércia para seção transversal circular e o valor da distância da linha neutra da seção até a borda mais distante do corpo de prova, são dados por:

$$I = \pi \cdot d^4/64 \quad (\text{equação 2})$$

$$c = d/2 \quad (\text{equação 7})$$

Substituindo na equação 6 as equações 2 e 7, tem-se:

$$W_e = ((\pi \cdot d^4)/64)/(d/2)$$

$$W_e = (\pi \cdot d^3)/32 \quad (\text{equação 8})$$

Substituindo as equações 5 e 8 na equação 4, tem-se:

$$f_M = (8.P.L)/(\pi.d^3) \quad (\text{equação 9})$$

A equação da resistência à flexão da madeira de seção reta circular deve ser utilizada na elaboração da rotina de ensaio em máquinas de aquisição automática de dados (Figura 7).



FIGURA 7 - EQUIPAMENTO EMIC COM ACESSÓRIOS PARA ENSAIO DE FLEXÃO
FONTE: AUTOR, 2010

A distância entre os apoios prevista na NBR 7190 é de 21 vezes o valor da altura do corpo de prova (equivalente ao diâmetro no caso de corpos de prova cilíndricos). As normas DIN 52186 e COPANT R 555 recomendam 14 e 15 vezes, respectivamente. Estas relações não conduziram o material ao regime de deformação plástica, caracterizada pela evolução final do ensaio, conforme previsto. Fez-se necessário diminuir esta proporção, de modo que os ensaios evoluíssem até o limite de proporcionalidade (LP) e posteriormente apresentassem deformação e ruptura segundo previsto em norma.

Os melhores resultados foram conseguidos aplicando-se como relação o valor de 10 vezes o diâmetro. Esta relação permitiu a determinação do comprimento necessário para os 116 corpos de prova, e também apresentou o aspecto positivo de permitir que os maiores diâmetros fossem ensaiados, levando em consideração a distância máxima disponível entre os apoios da máquina. Face ao número de ensaios necessários, foram arbitrados 13 grupos diametrais. Cada corpo de prova foi

confeccionado com o comprimento de 10 vezes o valor do diâmetro do grupo, mais 100 milímetros de folga.

O carregamento foi realizado no meio do vão livre, com um cutelo que, juntamente com os apoios, devem garantir a estabilidade do ensaio mediante o atrito entre as partes. Após a realização de alguns ensaios experimentais foi observado que a articulação presente no atuador (Figura 8 A), bastante conveniente nos ensaios com material de seção reta quadrada, comprometeu a estabilidade do carregamento. Foi necessário então efetuar o travamento do movimento de rotação do cutelo com uma pequena lâmina de alumínio, conforme se observa na Figura 8C.

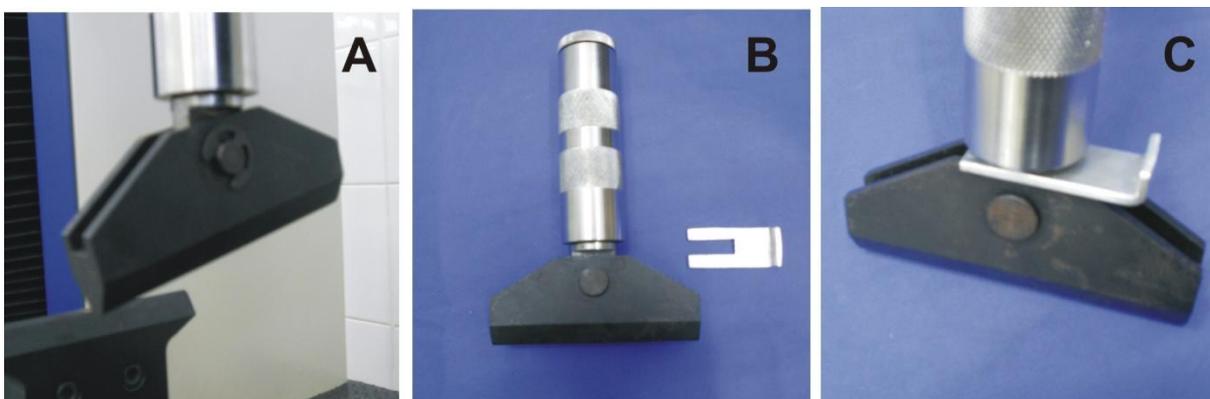


FIGURA 8 - LÂMINA INSERIDA NO CUTELO PARA EVITAR ROTAÇÃO
FONTE - AUTOR, 2010

Os ensaios foram realizados do menor para o maior grupo diametral até o rompimento da amostra ou quando o tempo máximo foi atingido.

1.3.3 Tração

Este ensaio foi realizado com fitas de vime, produzidas por artesãos em Curitiba, após a retirada do material necessário para a realização dos ensaios de densidade e flexão. As fitas foram fabricadas a partir da divisão ou desdobramento longitudinal da vara, em três partes. Para tanto é utilizada uma pequena cunha produzida com madeira de nó de pinho (Figura 9). Embora exista um equipamento elétrico para este trabalho, muitos artesãos preferem o desdobramento manual.



FIGURA 9 - DESDOBRAMENTO MANUAL DA VARA DE VIME
FONTE - AUTOR, 2010

O trabalho de fabricação da fita segue com a aplicação de uma máquina elétrica que transforma cada um dos três setores desdobrados. O princípio é semelhante a um processo de laminação, em que dois rolos rotativos amassam e alinham a fita, empurrando-a contra uma faca. Esta atua principalmente como uma “separadora de fibras”, embora deva ser afiada eventualmente, em função da presença de sujeira no material. Na Figura 10 observa-se o equipamento onde a fita é fabricada. O material é introduzido na máquina em canais que permitem a obtenção de fitas mais finas à medida que estas são introduzidas nos canais mais à direita da máquina.

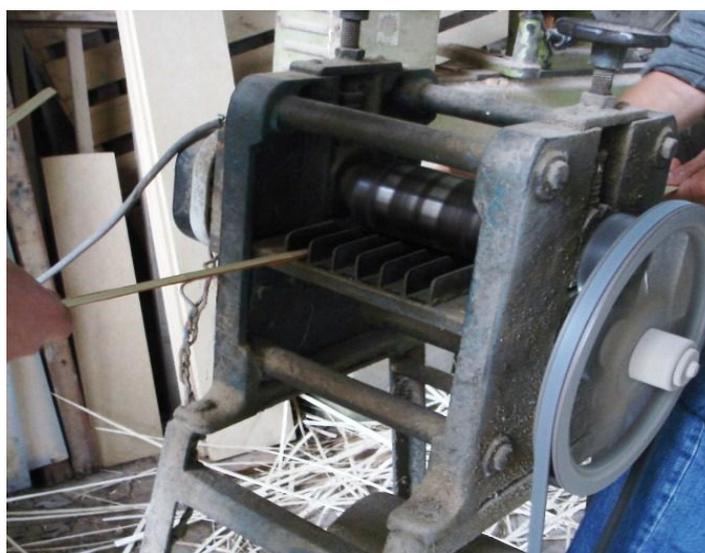


FIGURA 10 - MÁQUINA PARA PRODUÇÃO DE FITAS
FONTE - AUTOR, 2010

Ao final do processo obtêm-se a fita interna, utilizada para produção de artesanato de menor valor agregado, como cestaria em geral; e a fita externa (denominada popularmente de casquinha) que possui aplicação mais nobre em acabamento de móveis e artefatos de maior valor. A largura da fita não é padronizada, ou seja, não apresenta largura constante, sendo semelhante ao diâmetro da vara que lhe deu origem, pois resulta do perímetro dividido por três. No presente trabalho a espessura e a largura média para todas as fitas foi de 0,87 milímetros e 7,14 milímetros, respectivamente. A distância livre entre as garras de tração foi arbitrada em 100 milímetros, de modo a facilitar a manipulação do dispositivo. A este valor foram adicionados 50 milímetros para a fixação nas garras, resultando em uma fita de 150 milímetros de comprimento.

A configuração geométrica dos corpos de prova sugerida pela NBR 7190, anexo B, nos ensaios de tração, não foi utilizada nas fitas de vime. A recomendação da norma para diminuição da seção reta do corpo de prova tem como objetivo conduzir o ponto de rompimento no final do ensaio. Antes de empreender esforços para a construção de um dispositivo para executar esta redução, foram realizados ensaios preliminares. A expectativa de que a fita apresentasse rompimento por amassamento das fibras na borda, ou entre os mordentes da garra, não se confirmou e as fitas foram ensaiadas com seção constante. O problema a ser contornado foi o escorregamento da fita em relação aos mordentes, indicado pela seta na Figura 11.

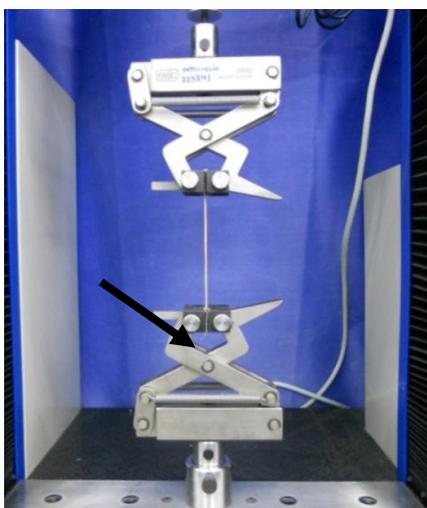


FIGURA 11 - ENSAIO DE TRAÇÃO
FONTE - AUTOR, 2010

Em contato com o fabricante, este sugeriu a aplicação de uma interface entre a fita de vime e o mordente, para o aumento do atrito. Diante da grande quantidade e diversidade de materiais a ensaiar este é um procedimento comum e que não compromete os resultados. Foram experimentados vários tipos de materiais e a solução encontrada foi a aplicação de uma lixa com costado de pano e grana número 100. A aplicação da solução pode ser observada na Figura 12. É importante salientar que a lixa deve ser substituída a cada cinco ensaios realizados. A partir daí, devido aos esforços o material abrasivo se desprende do substrato de pano, diminuindo o atrito e facilitando o escorregamento do mordente em relação à fita.

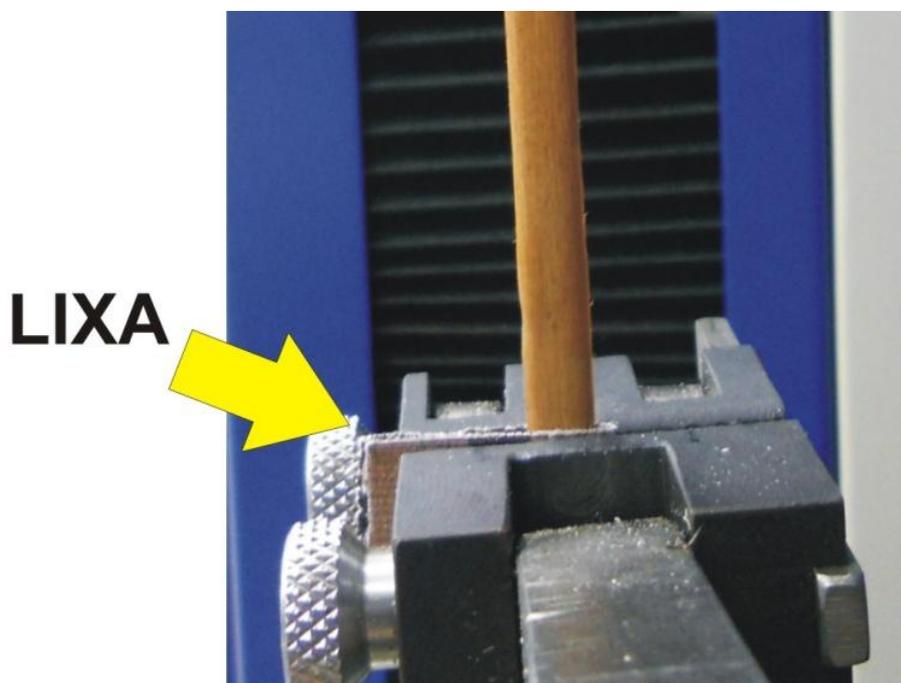


FIGURA 12 - EXEMPLO DE ENSAIO DE TRAÇÃO
FONTE - AUTOR, 2010

A medição dos corpos de prova foi realizada com paquímetro digital e precisão de 0,01 milímetros. Na medição da largura da fita, especial atenção foi tomada em relação ao local da medição. Como a fita não é bitolada (não apresenta dimensão perfeitamente regular) pode apresentar pequenas variações de largura, o menor valor encontrado foi sempre considerado. Fitas com defeitos, nós acentuados e baixa retilinidade foram evitadas.

1.4 CONSIDERAÇÕES

A norma NBR 7190 foi utilizada como referência neste trabalho. Face à configuração formal do material investigado, algumas considerações e adaptações foram realizadas. O caráter probabilístico da norma segue como originalmente proposto, haja vista as alterações estarem normalmente vinculadas aos aspectos dimensionais e formais das quatro espécies de *Salix* avaliadas.

A proposta de comparar os métodos estereométrico e por deslocamento demonstrou que o primeiro pode ser utilizado, já que seus resultados não diferem estatisticamente do segundo. O método estereométrico apresenta algumas vantagens, como simplicidade de operação, maior velocidade de obtenção de dados, redução da possibilidade de erros na leitura, emprego de instrumentos de fácil obtenção e ainda a não manipulação do mercúrio empregado no volumenômetro.

Os ensaios de flexão e tração foram também conduzidos mediante pequenas alterações no cutelo e nas garras, respectivamente, conforme já descrito. A influência do momento de inércia da seção transversal, no caso da flexão, implica na impossibilidade de uso das equações propostas pela norma e sua adaptação é bastante simples.

O emprego dos acessórios originais da máquina de ensaio, que normalmente estão disponíveis em laboratórios de tecnologia da madeira, foi possível graças a sugestões do próprio fabricante, facilitando e simplificando sobremaneira o ensaio.

O Quadro 2 apresenta resumidamente as adaptações realizadas na NBR 7190. A primeira coluna apresenta o texto normativo original e a segunda coluna a modificação e/ou revisão proposta. O quadro está dividido em densidade, tração e flexão.

DENSIDADE	
NBR 7190/1997	ADAPTAÇÃO
Os corpos de prova devem ser isentos de defeitos e retirados de regiões afastadas das extremidades das peças de pelo menos cinco vezes a menor dimensão da seção transversal da peça considerada, mas nunca menor que 30 cm.	Os corpos de prova devem ser isentos de defeitos e retirados a partir da extremidade basal da vara após o descarte de 10 a 15 centímetros de material não linear.
Os corpos de prova devem ter forma prismática com seção transversal retangular de 2,0 cm x 3,0 cm de lado e comprimento ao longo das fibras de 5,0 cm.	Os corpos de prova devem ter forma prismática cilíndrica com seção transversal aproximadamente circular com o diâmetro do material sem casca e comprimento de 3,0 cm.
A seção transversal do corpo de prova deve ser aumentada para abranger pelo menos cinco anéis de crescimento.	A seção do corpo de prova compreende um único anel de crescimento (vime de um ano).
Tomar mais de uma medida para levar em consideração as imperfeições devidas ao inchamento do corpo de prova.	Para determinação do volume, considerar a média de duas leituras do diâmetro (a maior e a menor leitura) com precisão de 0,1 milímetros.
TRAÇÃO	
A resistência a tração paralela as fibras é dada pela máxima tensão de tração que pode atuar em um corpo de prova alongado com trecho central de seção transversal uniforme de área A, e comprimento não menor que $8\sqrt{A}$, com extremidade mais resistente que o trecho central e com concordância que garantam a ruptura no trecho central.	A resistência a tração paralela as fibras é dada pela máxima tensão de tração que pode atuar em uma fita de espessura entre 0,7 e 1,0 mm. A largura da fita corresponde a 1/3 do diâmetro do vime utilizado para produção da mesma e não recebe redução da largura em seu trecho central.
O carregamento deve ser aplicado com dois ciclos de carga e descarga.	O carregamento deve ser aplicado em um único ciclo de carga com velocidade constante.
FLEXÃO	
O módulo de resistência elástico da seção transversal do corpo de prova, dado por $bh^2/6$, em metros cúbicos.	O módulo de resistência elástico da seção transversal do corpo de prova, dado por $\pi d^3/32$, em metros cúbicos.
Os corpos de prova devem ter forma prismática, com seção transversal quadrada de 5,0 cm de lado e comprimento, na direção paralela às fibras, de 115 cm.	Os corpos de prova devem ter forma prismática, com seção transversal circular de diâmetro e comprimento variável, obtidos após o descascamento do material.
No ensaio, o corpo de prova deve ser vinculado a dois apoios articulados móveis, com vão livre entre apoios de 21 h, sendo o equilíbrio do sistema garantido pelo atrito do atuador.	No ensaio, o corpo de prova deve ser vinculado a dois apoios articulados móveis, com vão livre entre apoios de 10 d, sendo o equilíbrio do sistema garantido pelo atrito do atuador que deve possuir restrição de rotação.
O carregamento deve ser realizado com dois ciclos de carga e descarga.	O carregamento deve ser realizado em ciclo único.

QUADRO 2 - RESUMO DAS ADAPTAÇÕES DA NORMA NBR 7190/1997

CAPÍTULO 2

ASPECTOS DA FORMA, DAS RAMIFICAÇÕES E DO RENDIMENTO DA COLHEITA DO *Salix* (VIME)

A atividade artesanal possui a particularidade do contato entre trabalhador e matéria prima. A manipulação diária permite que o artesão domine aspectos bastante sutis no que se refere ao emprego do material, representando importante fonte de informação para o estabelecimento de parâmetros qualitativos das espécies disponíveis. Segundo Nascimento *et al.* (2007; 2009a,b) os artesãos da região de Lages relatam os seguintes fatores como desejáveis no material destinado à confecção de artesanato em vime: rendimento do cultivo, conicidade, retilinidade e pouca brotação lateral (ramificação). São citadas também outras qualidades desejadas, ligadas às características mecânicas do material, ou seja, a resposta apresentada mediante a aplicação de esforços externos. Estas propriedades serão avaliadas nos testes aplicados aos corpos de prova.

Esta etapa do trabalho teve como objetivo avaliar quatro das espécies de *Salix* cultivadas em Unidades de Observação da Epagri - Empresa Catarinense de Pesquisa e Extensão Agropecuária, no planalto catarinense, região sul do Brasil. As espécies são: *Salix x rubens* S., *Salix viminalis* L., *Salix purpurea* L. e *Salix sp.* As espécies foram selecionadas pelos técnicos da EPAGRI, em função do potencial para emprego em artesanato e manufatura de mobiliário. Dentre as quatro espécies, o *Salix x rubens* é cultivado há mais tempo na região e representa a maioria da produção local. As demais espécies foram selecionadas com base na observação do rendimento ocorrido nas Unidades de Observação introduzidas pela empresa.

Nascimento *et al.* (2009a) também avaliaram as mesmas espécies presentes neste estudo, tendo relatado que em relação à quantidade de defeitos resultantes do trabalho em artesanato, o *S. sp.* foi o que apresentou o menor índice de defeitos, seguido pelo *S. viminalis*, *S. purpurea* e *S. x rubens*. Quanto à trabalhabilidade, houve preferência entre os artesãos para o *S. sp.*, sendo considerado o mais adequado para o trabalho proposto, pois, apesar do grande número de ramificações, a quantidade de ramos quebrados foi pequena. Este trabalho deu prosseguimento aos estudos já realizados por Nascimento *et al.* (2007; 2009a; 2009b), e avaliou as

espécies no que se refere à forma (conicidade), ao rendimento da colheita e à quantidade de ramificações por vara e espécie.

2.1 MATERIAL E MÉTODOS

A Tabela 2 apresenta os municípios e o número de sítios presentes em cada localidade, bem como dados geográficos e população. Na Figura 13 observa-se a posição dos municípios no vale do rio Canoas em Santa Catarina.

TABELA 2 - IDENTIFICAÇÃO DOS SÍTIOS

MUNICÍPIO	No de SÍTIOS	POPULAÇÃO	ÁREA (Km ²)	LATITUDE SUL	LONGITUDE OESTE	ALTITUDE (m)
Bocaina do Sul	1	3.047	496,4	27°44'40"	49°56'40"	860
Lages	2	161.583	2.651,4	27°48'57"	50°19'33"	916
Rio Rufino	3	2.433	333,6	27°51'39"	49°46'44"	860
Urubici	1	10.439	1.019,1	28°00'54"	49°35'31"	915
TOTAL	7	177.502	4.500,5	-	-	-

FONTE - Elaborada pelo autor a partir do Google Earth (2010) e IBGE (2007).



FIGURA 13 - MUNICÍPIOS DO VALE DO RIO CANOAS ONDE SE ENCONTRAM AS UNIDADES DE OBSERVAÇÃO – EPAGRI

FONTE – Adaptada pelo autor a partir do *Google Maps* (2008).

A colheita do vime ocorreu entre os meses de julho e agosto (inverno no hemisfério Sul). É comum realizar-se uma colheita anual, resultando, pois, que os indivíduos da amostra tem um ano de idade. Em todos os sítios foram cortados de cada planta sete ramos, mediante seleção ao acaso, totalizando 35 ramos. Estes foram cortados rentes ao tronco com tesoura de poda específica para a finalidade. A altura do tronco pode variar entre 30 e 80 cm. O manejo segue as orientações da cartilha “Sistema para produção de Vime”, publicado pela EPAGRI de Santa Catarina.

Após a colheita o material foi amarrado em fardos e identificado com plaquetas onde constam a espécie e o sítio. Toda a colheita foi transportada ao município de Curitiba para os levantamentos preliminares, processamento e ensaios.

Antes do encaminhamento para beneficiamento, descrito em maiores detalhes no Capítulo 2, cada vara foi submetida à limpeza, contagem do número de brotações laterais (ramificações) e corte destes junto ao ponto de inserção na vara. O cálculo da conicidade foi efetuado a partir da medição do comprimento de cada vara (com trena metálica) e da medição dos diâmetros da base e do ápice de cada ramo já descascado e após a secagem ao ar (com paquímetro digital e precisão de 0,1 milímetros).

2.2 RESULTADOS

O desenho do experimento compreende a existência de sete sítios, quatro espécies e sete plantas, das quais seriam retiradas cinco varas. O resultado apresenta um total de 980 indivíduos ($7 \times 4 \times 7 \times 5 = 980$), no entanto a exceção dos sítios Urubici e Lages (Estação Experimental 2 – E. E. 2) todos os demais indivíduos apresentaram desconformidades no cultivo. O total efetivo da colheita foi de 828 ramos, representando 86% do total teórico. Observa-se na Tabela 3 a quantidade de amostras (indivíduos) por espécie/sítio e o total por sítio.

TABELA 3 – QUANTIDADE DE AMOSTRAS POR SÍTIO E ESPÉCIE

SÍTIO	<i>S. viminalis</i>	<i>S. sp</i> (<i>borracha</i>)	<i>S. x rubens</i>	<i>S. purpurea</i>	RAMOS POR SÍTIO
Bocaina	33	7	35	27	102
Rio Rufino - Cerro Baio	35	32	34	33	134
Lages - E.E.1	35	35	0	35	105
Lages - E.E.2	35	35	35	35	140
Rio Rufino - Gargantilha	34	0	35	35	104
Rio Rufino - Lino	33	35	0	35	103
Urubici	35	35	35	35	140
RAMOS POR ESPÉCIE	240	179	174	235	828

Na Tabela 4 apresenta-se o total de ramificações observadas em cada ramo, por espécie e sítio. Observa-se que o *S. viminalis*, cujo comprimento médio do ramo é de 1,68 m, apresentou 798 ramificações laterais em 405 metros de ramos.

TABELA 4 - TOTAL DE RAMIFICAÇÕES LATERAIS POR ESPÉCIE, SOMATÓRIA DO COMPRIMENTO DAS VARAS E COMPRIMENTO MÉDIO DAS VARAS

ESPÉCIE	TOTAL RAMIFICAÇÃO (un)	COMPRIMENTO TOTAL DOS RAMOS (m)	COMPRIMENTO MÉDIO (m)
<i>S. viminalis</i>	798	405	1,68
<i>S. sp</i>	819	275	1,53
<i>S. x rubens</i>	807	358	2,04
<i>S. purpurea</i>	239	371	1,58
TOTAL GERAL	2663	1406	1,71

As ramificações apresentam diferença em função da espécie. Na figura 14 o *salix sp*, cultivado na estação experimental 2 de Lages é apresentado com sua ramificação típica.

Para melhor visualização apresenta-se na Figura 15 o gráfico que destaca o *Salix purpurea* com o menor número de ramificações por comprimento (uma ramificação a cada 1,55 metros). No *Salix sp* ocorre um ramo a cada 34 centímetros. *Salix viminalis* e *Salix x rubens* se assemelham em termos de ramificação, com um ramo a cada 51 centímetros e um ramo a cada 44 centímetros, respectivamente. Os valores apresentados se referem à razão entre o número de brotações laterais (ramificações) e o comprimento total de cada espécie, resultando em um valor médio.



FIGURA 14 - RAMIFICAÇÃO TÍPICA DE *Salix sp*
FONTE - AUTOR, 2009

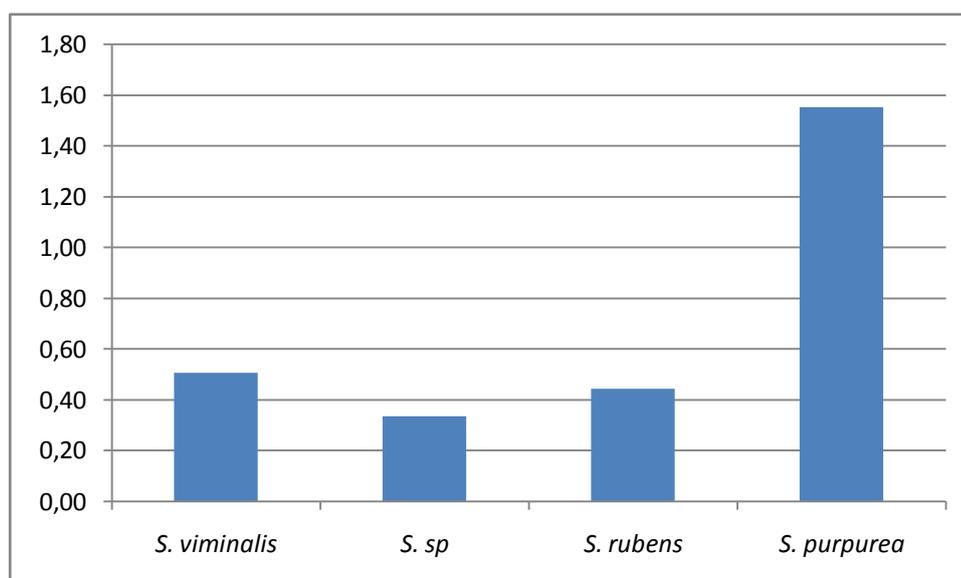


FIGURA 15 - RAMIFICAÇÃO POR COMPRIMENTO (metros/espécie)
FONTE - AUTOR, 2010

De acordo com Montagna *et al* (1993) a conicidade é determinada pela relação dada por :

$$C = \frac{D-d}{L}$$

Onde:

C = Conicidade, em mm/m;

D = Diâmetro maior da vara, em milímetros;

d = Diâmetro menor da vara, em milímetros;

L = Comprimento da vara, em metros.

A unidade utilizada para indicar a conicidade teve como objetivo facilitar a comparação entre as espécies. Na Tabela 5 constam os valores médios e desvios dos diâmetros encontrados e que foram utilizados na determinação da conicidade, apresentada na Tabela 6.

TABELA 5 - DIÂMETROS DAS VARAS E DESVIO PADRÃO

ESPÉCIES	MÉDIAS e DESVIO PADRÃO			
	Ø BASE	DP	Ø ÁPICE	DP
<i>S. viminalis</i>	9,79	3,14	3,07	1,63
<i>S. sp</i>	8,97	4,26	2,14	0,88
<i>S. x rubens</i>	10,64	3,59	2,27	1,17
<i>S. purpurea</i>	8,71	2,43	2,74	1,36
TOTAL GERAL	9,48	3,41	2,61	1,37

TABELA 6 - CONICIDADE POR ESPÉCIE E DESVIO PADRÃO CORRESPONDENTE

ESPÉCIES	CONICIDADE (milímetros / metro)			
	Média	Máxima	Mínima	DP
<i>S. viminalis</i>	3,95	9,04	1,50	1,05
<i>S. sp</i>	4,35	10,75	1,83	1,23
<i>S. x rubens</i>	4,13	9,44	2,83	0,89
<i>S. purpurea</i>	3,77	7,45	1,88	0,72
TOTAL GERAL	4,02	10,75	1,50	1,00

A Tabela 7 apresenta a variação da conicidade entre as espécies e sítios.

TABELA 7 - VARIAÇÃO DA CONICIDADE ENTRE ESPÉCIES E SÍTIOS

SÍTIO	<i>Salix viminalis</i>		<i>Salix sp</i>		<i>Salix x rubens</i>		<i>Salix purpurea</i>	
	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
Bocaina	5,01 ^{aA}	1,18	6,78 ^{aB}	2,53	4,49 ^{aA}	1,09	3,33 ^{aC}	0,59
Cerro Baio	3,22 ^{bA}	0,76	3,84 ^{bAB}	1,03	4,46 ^{aB}	1,37	3,74 ^{aAB}	0,94
Estação 1	3,87 ^{bcdA}	0,82	4,83 ^{cB}	1,23	-	-	4,08 ^{aAB}	0,98
Estação 2	4,11 ^{cdAB}	0,44	4,66 ^{cdB}	0,92	3,85 ^{aA}	0,37	3,89 ^{aA}	0,53
Gargantilha	3,47 ^{bcA}	0,78	-	-	4,04 ^{aA}	0,48	3,56 ^{aA}	0,60
Lino	3,46 ^{bcA}	0,55	4,00 ^{bcA}	0,78	-	-	3,72 ^{aA}	0,52
Urubici	4,54 ^{adA}	1,29	3,91 ^{bdA}	0,83	3,81 ^{aA}	0,47	3,94 ^{aA}	0,48
GERAL	3,95 ^{AC}	1,05	4,35 ^B	1,23	4,13 ^{AB}	0,89	3,77 ^C	0,82

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna: não existe diferença entre os sítios na mesma espécie. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha: não existe diferença entre as espécies no mesmo sítio, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

O teste de Tukey revela que, a 95% de probabilidade, entre *Salix viminalis* e *Salix purpurea* a conicidade não apresenta diferença estatística. *Salix sp* e *Salix x rubens* igualmente não apresentam diferenças estatisticamente detectáveis para conicidade, ao nível de 95% de probabilidade. Observa-se também que o sítio Bocaina do Sul se destaca em função da regularidade de conicidade entre as espécies. Para facilitar a visualização das relações entre conicidade e espécie é apresentada a Figura 16.

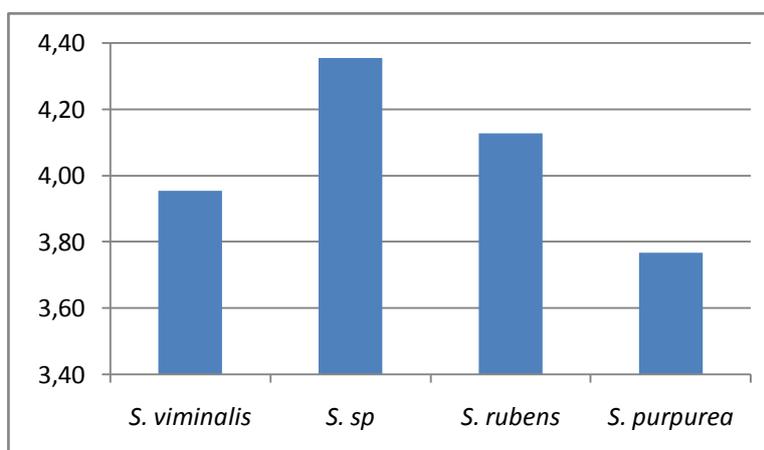


FIGURA 16 - CONICIDADE MÉDIA POR ESPÉCIE
FONTE - AUTOR, 2010

2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A CONICIDADE, RAMIFICAÇÃO E RENDIMENTO

O resultado da avaliação permite algumas considerações. As espécies apresentam características que as individualizam, no entanto, pode-se observar que manejo e outras condições de cultivo produzem influência no rendimento, segundo o ponto de vista considerado. Nas condições ambientais atuais não é possível a eleição de uma única espécie como sendo a mais indicada sob todo e qualquer ponto de vista. Frente às mudanças climáticas que se observam, como alterações na temperatura do planeta, é interessante atuar nos pontos em que cada espécie apresenta deficiências para as aplicações desejadas, de modo a permitir que todas possam ser melhoradas ao longo do tempo. Assim sendo o rendimento para o *Salix sp* e *Salix x rubens* em termos de quantidade de metros merece atenção, haja vista ser menor que os demais.

A ramificação apresenta grande diferença em função das espécies e também dos sítios. É possível afirmar que em face das considerações efetuadas por artesãos das regiões investigadas o *Salix sp* merece investimento em termos de pesquisa para diminuir a excessiva ramificação. A espécie é bem avaliada quando da manipulação pelos artesãos, mas os defeitos oriundos do corte das ramificações, associada à baixa produtividade, inviabilizam economicamente o seu uso. Outro fator relevante é a conicidade, que está relacionada com o comprimento total das varas, ou seja, a espécie apresenta o menor comprimento médio e a maior conicidade. Ambos são fatores que comprometem a aplicação.

Considerando-se os tópicos avaliados, merece destaque o *Salix purpurea*. Apresentou o menor número de ramificação e a menor conicidade. Aproxima-se significativamente do maior produtor (comprimento total das varas), além de ser muito bem avaliado pelos artesãos. A conicidade da espécie é a menor dentre as quatro avaliadas e possui também boa regularidade na variável, pois é observado baixo desvio padrão.

CAPÍTULO 3

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO *Salix* (VIME)

O desempenho físico que a madeira apresenta quando transformada em produtos, está relacionado às suas propriedades físicas. As variações dimensionais (ocorridas como resultado de alterações no teor de umidade), e as características térmicas, elétricas e químicas também são exemplos de propriedades físicas (WINANDY, 1994). As propriedades mecânicas representam o desempenho da matéria prima, quando sujeita a esforços externos.

O objetivo desta etapa é estabelecer parâmetros físicos e mecânicos que possibilitem identificar e comparar as qualidades que cada espécie apresenta. Os dados levantados em ensaios tem como objetivo avaliar o potencial de emprego do material na manufatura de produtos, bem como orientar futuras pesquisas. A determinação do tipo de ensaio levou em consideração o emprego de varas de vime na estruturação de produtos e de fitas (fabricadas a partir das varas) no preenchimento ou no ato de tecer. Entretanto, as atividades de manufatura possuem uma dimensão relevante na atividade de produção propriamente dita, que é o manuseio da matéria prima. Neste âmbito há que se considerar as propriedades do material sob o ponto de vista do artesão, que vão além daquelas vinculadas ao produto a ser comercializado (NASCIMENTO, 2009c).

3.1 PROPRIEDADES FÍSICAS

A massa específica é calculada como razão entre a massa (kg) e o volume (m^3) de um determinado corpo. Na prática a massa e o peso são determinados de forma semelhante, em uma balança de precisão. A expressão (1) calcula a massa específica (WINANDY, 1994):

$$r = \frac{P}{V} \quad (1)$$

Onde:

r = massa específica (Kg/m^3)

P = massa (Kg)

V = volume (m^3)

A massa específica, no caso da madeira, apresenta variação de 130 a 1400 kg/m³. Contribuem para esta variação: a quantidade e a qualidade da matéria lenhosa, os espaços anatômicos vazios, incrustações e principalmente a umidade contida na estrutura anatômica (BURGER e RICHTER, 1991; WINANDY,1994).

3.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS

As propriedades mecânicas referem-se ao comportamento da madeira quando submetida a uma carga (força) externa (WINANDY,1994). Entre as propriedades mecânicas estão: a resistência a esforços de tração, compressão, flexão, cisalhamento e fendilhamento (ARAUJO, 2007).

Ensaio realizados em equipamentos específicos podem determinar o módulo de ruptura à flexão estática, o módulo de elasticidade à flexão estática, a resistência à compressão e à tração, a dureza e a resistência ao cisalhamento, entre outras variáveis (ARAUJO, 2007). Estas propriedades são modeladas (física e matematicamente) usando-se equações algébricas, diferenciais elementares e ainda sistemas de equações (BODIG e JAYNE, 1993). Os sistemas de equações são empregados como conseqüência das acentuadas diferenças de comportamento da madeira, relativamente aos seus três planos anatômicos (longitudinal, radial, tangencial). O eixo longitudinal é paralelo às fibras, o eixo radial normal aos anéis de crescimento e o eixo tangencial perpendicular às fibras, mas tangente aos anéis de crescimento (JERROLD, 1999; USDA, 2010).

Os ensaios traçam diagramas de tensão-deformação e de carga-deformação, lançadas como ordenada e a correspondente deformação como abscissa. O diagrama característico para ensaio de tração em corpo de prova de madeira é apresentado na Figura 17.

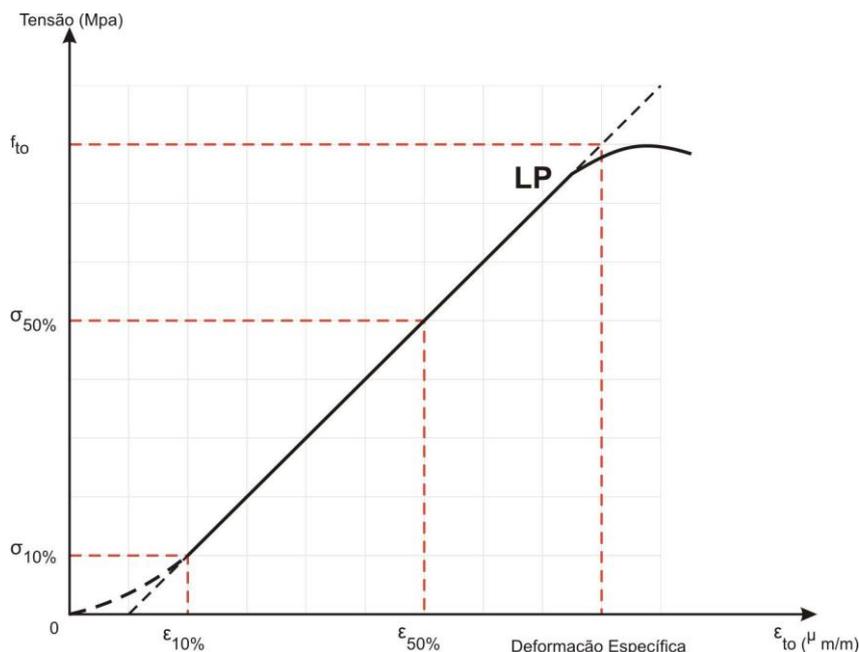


FIGURA 17 - RELAÇÃO ENTRE TENSÃO (P) E DEFORMAÇÃO (d)
ENSAIOS TRAÇÃO EM MADEIRA
FONTE – NBR 7190/1997

Observando-se a reta representada no diagrama do ensaio da Figura 17, deduz-se que a deformação relativa é diretamente proporcional ao esforço aplicado até o ponto LP, denominado limite proporcional. A partir do ponto LP, inicia-se o processo de deformação plástica do corpo. Implica que cargas que ultrapassem ao limite LP resultarão em uma deformação residual permanente, até o ponto de ruptura da peça (HIBBELER, 2004)

Esta proporcionalidade (relação linear até o ponto LP) está presente na maioria dos materiais aplicados em engenharia e significa que um aumento na tensão provoca um aumento proporcional na deformação. Essa relação, descoberta por Robert Hooke em 1676, com o auxílio de molas, é conhecida como Lei de Hooke (HIBBELER, 2004).

O coeficiente de deformação (α), conhecido como compliância, é a propriedade de um corpo ou de uma substância que permite a ocorrência de uma alteração em sua forma, diante de uma força unitária aplicada (válida para sistemas mecânicos lineares). A compliância é a base para o cálculo da média (E_m) de dois valores do módulo de elasticidade (E_1 e E_2). Segundo Kollmann e Cotê (1968):

$$E_m = \frac{2E_1E_2}{E_1+E_2} \quad (3)$$

Esta variável na prática é pouco utilizada, sendo mais empregado seu valor recíproco, denominado Módulo de Elasticidade (KOLLMANN e COTÊ, 1968).

$$E = 1/\alpha \quad (4)$$

Onde:

E=Módulo de elasticidade

α = Coeficiente de deformação

O módulo de elasticidade representa hipoteticamente a carga necessária para duplicar o comprimento de um corpo com 1 cm² de área transversal. Para o caso da madeira ocorrerá ruptura antes que o corpo dobre de tamanho, de modo que este valor é somente teórico. Em termos gerais um elevado valor para o módulo de elasticidade indica que o material apresenta boa resistência mecânica e, portanto, boas condições de aplicação estrutural. Baixos valores do módulo de elasticidade estão relacionados a materiais que se deformam facilmente. Kollmann e Cotê (1968) consideraram que o módulo de elasticidade da madeira, determinado na direção paralela às fibras é, aparentemente, o menos sensível em relação ao teor de umidade.

Na madeira, pequenas deformações elásticas aplicadas por prolongados períodos podem se configurar como deformações plásticas. Tal particularidade sugere que a velocidade e o tempo de exposição da amostra ao esforço podem modificar valores obtidos para o módulo de elasticidade. Segundo Kollmann e Cotê (1968) o módulo de elasticidade na tração, na compressão e na flexão são equivalentes na madeira. No entanto o limite elástico é consideravelmente menor na compressão do que na tração.

O módulo de elasticidade varia significativamente entre distintas espécies florestais e também ocorrem variações em função de fatores como adubação e espaçamento de plantio (HASELEIN *et al*, 2002).

Materiais que apresentam propriedades mecânicas idênticas em múltiplas direções são denominados isotrópicos. Muitos metais, plásticos e compostos cerâmicos são isotrópicos. Ao contrário, a madeira apresenta drásticas diferenças de comportamento em relação ao tipo, direção e sentido do esforço a que está sujeita, podendo ser considerado um material ortotrópico (BOWYER *et al.*, 2003).

O anisotropismo da madeira confere uma particularidade ao cálculo do módulo de elasticidade, considerando-se os três principais eixos anatômicos. Como a configuração formal da estrutura, quanto às proporções e arranjos de seus componentes, se apresenta diferentemente em cada plano, a resposta aos esforços externos se dá também de forma distinta.

Os três módulos de elasticidade da madeira são denotados por E_w , E_{w0} e E_{w90} , refletindo o módulo de elasticidade longitudinal, radial e tangencial (WINANDY, 1994).

3.3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios das propriedades físicas e mecânicas foram realizados em laboratórios da Universidade Federal do Paraná, com material colhido em sete sítios distribuídos na região de Lages, Santa Catarina. Os sítios representam unidades de observação da EPAGRI e de parceiros da empresa, com vistas à introdução de novas espécies de *Salix* na região. A colheita foi realizada por extensionistas da empresa e todo o material foi identificado convenientemente e transportado para a cidade de Curitiba, estado do Paraná. Os detalhes de preparação do material para a realização dos ensaios são relatados a seguir.

3.3.1 Beneficiamento das varas de vime

O beneficiamento do material empregado neste trabalho, baseado na prática utilizada para o artesanato, consiste no cozimento e retirada da casca e foi realizado em Curitiba, no bairro de Santa Felicidade, junto a artesãos que possuem o equipamento específico, além da necessária habilidade para a atividade.

Inicialmente foi realizado o cozimento (fervura em água) em tanque fabricado em chapa de aço com dimensões apropriadas para processar todo o material em uma única etapa. A água é aquecida mediante queima de lenha e todo o tanque é protegido por cobertura para evitar problemas com intempéries. O material é imerso na água já aquecida, permanecendo por no mínimo uma hora e meia. Pesos devem ser colocados para garantir a submersão do lote. Como a casca do

vime possui taninos que, dependendo da concentração, podem manchar o lenho, é conveniente a troca da água semanalmente.

A identificação do material foi realizada de duas formas distintas, uma vez que a perda desta inviabilizaria as demais fases do trabalho. A primeira forma foi a identificação em placas de PVC e a anotação de espécie e sítio com caneta hidrográfica. A segunda foi realizada com placas de metal zincado com marcação de espécie e sítio por furos. Os dois formatos foram fixados aos feixes por fitas plásticas e os dois sistemas foram preservados durante o prolongado aquecimento e resfriamento do lote de material.

A retirada da casca foi realizada com o uso de uma ferramenta de aço, denominada mola, que consiste em duas hastes próximas e levemente inclinadas entre si, fixadas em um suporte ou mesa de descascamento suficientemente rígida (Figura 18). A tarefa exige esforço físico e pode ser efetuada com mais de uma vara ao mesmo tempo.



FIGURA 18 - RETIRADA DA CASCA DE VARAS DE VIME COM A FERRAMENTA MOLA
FONTE - AUTOR, 2008

Algumas unidades não apresentaram dimensões suficientes e/ou qualidade geométrica adequada para o descascamento, de modo que não foram aproveitadas nas operações seguintes. Após o descascamento as varas foram identificadas e

aconditionadas para secagem ao ar. Com o objetivo de avaliar o rendimento da colheita, o material foi medido (comprimento de cada vara, diâmetro da base e diâmetro do ápice). O tempo de armazenamento antes da etapa seguinte foi de um ano.

3.3.2 Determinação das propriedades físicas e mecânicas

O desenho do experimento para levantamento das propriedades físicas e mecânicas levou em consideração o princípio da casualização, no qual as amostras são obtidas aleatoriamente. Dentre o material disponível, devidamente numerado, foi utilizado um conjunto de números aleatórios com o objetivo de selecionar somente cinco varas, considerando cada uma das quatro espécies. Nas situações em que o número de varas disponíveis foi igual ou menor que cinco, foram utilizadas todas as unidades colhidas. Este processo resultou em 117 varas, a partir das quais foram confeccionados os corpos de prova para os ensaios.

A produção dos corpos de prova foi realizada na seguinte ordem: densidade, flexão e tração. Cada vara foi dividida em quatro segmentos, compreendendo o corte inicial para descarte, os corpos de prova para densidade e os corpos de prova para flexão. O restante do material foi utilizado na fabricação de fitas de vime, no padrão utilizado no trançado pelos artesãos. Quando da produção destas, uma vara foi inutilizada e foi necessário o seu descarte. Deste modo foi reduzido para 116 o número de corpos de prova participantes em todos os ensaios. Todos os procedimentos são apresentados de modo a permitir que o roteiro seja conhecido em seus pormenores.

Os dados para determinação da densidade foram coletados no Laboratório de Tecnologia da Madeira (LTM) da Universidade Federal do Paraná, credenciado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) para ensaios com madeira, conforme citado anteriormente.

Os ensaios de flexão e tração foram realizados no laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal do Paraná. O mesmo dispõe de um equipamento EMIC2000, com célula de carga de 2000 Newtons com sistema automático de aquisição de dados e demais acessórios.

3.3.3 Ensaio de densidade

Como comprovado por Vargas (2010) não existe diferença ao nível de 95% de probabilidade, entre os métodos estereométrico e por deslocamento para a determinação da densidade. No caso dos corpos de prova deste trabalho a densidade considerada foi a aparente, na condição de umidade de 12%, obtida em câmara climatizada a temperatura de 20°C (+/- 3°C) e umidade de 65% (+/- 1%), até a amostra apresentar peso constante.

Os dados considerados referem-se ao método estereométrico, consideravelmente mais simples e rápido na obtenção dos dados. Foram utilizadas 116 amostras, com distribuição entre as espécies apresentada na Tabela 8. Os corpos de prova possuem diâmetros variáveis, entre 3 e 16 milímetros e comprimento entre 23 e 27 milímetros. Todas as amostras foram retiradas a uma distância de 100 a 150 da extremidade basal das varas de vime, sendo que não foram investigadas diferenças de densidade ao longo do mesmo indivíduo. Para cálculo do volume foi utilizado um paquímetro digital com precisão de leitura de 0,1 milímetros. Em todos os casos foi utilizado o diâmetro resultante da média entre o maior e o menor valor encontrado em cada corpo de prova.

TABELA 8 - CORPOS DE PROVA DISPONÍVEIS PARA ENSAIOS DE DENSIDADE

ESPÉCIE	QUANTIDADE DE CORPOS DE PROVA DISPONÍVEL PARA ENSAIO
<i>Salix viminalis</i>	35
<i>Salix sp</i>	22
<i>Salix x rubens</i>	25
<i>Salix purpurea</i>	34
TOTAL GERAL	116

Os valores obtidos para a densidade aparente por espécie e sítio constam da Tabela 9, agrupando *salix viminalis* com *salix purpurea*, e *salix sp* com *salix rubens*, os quais não diferem a 95% de probabilidade dentro do grupo.

TABELA 9 - VARIAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE (g/cm³) ENTRE AS ESPÉCIES E SÍTIOS

SÍTIO	<i>S. viminalis</i>	DP	<i>S. sp</i>	DP	<i>S. x rubens</i>	DP	<i>S. purpurea</i>	DP
Bocaina	0,62aA	0,02	0,52bB	0,04	0,52 aB	0,03	0,62aA	0,01
Rio Rufino/Cerro Baio	0,60aA	0,03	-	-	0,52aB	0,02	0,57abA	0,01
Lages - E.E.1	0,50bA	0,02	0,49abA	0,04	-	-	0,53bA	0,03
Lages - E.E.2	0,59aA	0,03	0,51bB	0,05	0,46abB	0,03	0,60aA	0,03
Rio Rufino Gargantilha	0,63aA	0,02	-	-	0,51abB	0,02	0,61aA	0,01
Rio Rufino - Lino	0,63aA	0,03	0,51bB	0,03	-	-	0,62aA	0,03
Urubici	0,58aA	0,03	0,45aB	0,03	0,50abB	0,02	0,64aA	0,01
GERAL	0,59A	0,05	0,49B	0,04	0,50B	0,03	0,60A	0,04

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna: não existe diferença entre os sítios na mesma espécie. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha: não existe diferença entre as espécies no mesmo sítio, pelo teste Tyckey a 95% de probabilidade.

3.3.4 Ensaio de flexão

Nesta etapa foram investigadas as propriedades de flexão estática das quatro espécies de vime já relacionadas. O material foi preparado para ser ensaiado de acordo com as condições normativas da NBR 7190, devidamente reconsideradas. A distribuição de amostras em função da espécie, num total de 116 unidades, é apresentada na Tabela 10. Os *Salix sp* e *Salix x rubens* não apresentaram material em condições de ensaio em todos os sítios.

TABELA 10 - QUANTIDADE DE CORPOS DE PROVA DISPONÍVEIS PARA ENSAIO DE FLEXÃO

ESPÉCIE	QUANTIDADE DE CORPOS DE PROVA DISPONÍVEL PARA ENSAIO
<i>Salix viminalis</i>	35
<i>Salix sp</i>	22
<i>Salix x rubens</i>	25
<i>Salix purpurea</i>	34
TOTAL GERAL	116

Para a realização do ensaio de flexão, cada corpo de prova deve ser disposto na máquina de ensaio de modo que o cutelo (dispositivo que aplica a força) esteja posicionado na meia distância entre os dois apoios. A distância é função do diâmetro de cada corpo de prova, com razão dez. Com o objetivo de evitar a alteração da distância entre os apoios para cada ensaio, os 116 corpos de prova

foram medidos e separados segundo 13 grupos diametraes estimados segundo se observa na Tabela 11. No primeiro grupo ocorre somente um corpo de prova, com diâmetro de seis milímetros, no segundo o diâmetro é de 6,5 milímetros, assim sucessivamente.

TABELA 11 - QUANTIDADE DE CORPOS DE PROVA EM CADA GRUPO DIAMETRAL

GRUPO DIAMETRAL	DISTÂNCIA APOIO ENSAIO FLEXÃO	NÚMERO DE CORPOS DE PROVA
1	60,0	1
2	65,0	2
3	70,0	3
4	80,0	10
5	85,0	10
6	90,0	27
7	100,0	17
8	105,0	11
9	110,0	14
10	120,0	12
11	130,0	4
12	140,0	3
13	160,0	2
TOTAL GERAL		116

A velocidade arbitrada para o ensaio foi de cinco milímetros por minuto, com tempo máximo para ensaio de cinco minutos. De todo o material ensaiado somente 14,6% apresentou ruptura identificável visualmente (17 peças), com interrupção do ensaio por esse motivo. Esta característica do material é importante quando da aplicação do material pelo artesão, pois está vinculada ao acabamento final do produto. Na grande maioria (85,4%) dos casos, o ensaio evoluiu normalmente até o ponto do limite de proporcionalidade (LP). Após este trecho inicia-se o escoamento até o tempo limite programado. Nenhum corpo de prova apresentou ruptura total. Na Tabela 12 verifica-se a distribuição porcentual de rompimento por espécie, dentro do total de 17 peças que apresentaram comportamento distinto em relação à média do lote.

TABELA 12 - RELATÓRIO DE ROMPIMENTO NO ENSAIO DE FLEXÃO

ESPÉCIE	ROMPIMENTO VISÍVEL DA ESTRUTURA (%)
<i>Salix viminalis</i>	29,3
<i>Salix sp</i>	5,9
<i>Salix x rubens</i>	11,8
<i>Salix purpurea</i>	53

O módulo de elasticidade (MOE) obtido no ensaio de flexão estática para cada espécie e sítio é apresentado na Tabela 13.

TABELA 13 - VARIAÇÃO DO MOE FLEXÃO (MPa) ENTRE AS ESPÉCIES E SÍTIOS

SÍTIO	<i>Salix viminalis</i>		<i>Salix sp</i>		<i>Salix x rubens</i>		<i>Salix purpurea</i>	
	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
Bocaina	4558,7 ^{aA}	517,1	2526,4 ^{aB}	110,8	4010,9 ^{aAB}	676,3	5003,6 ^{aA}	951,5
Cerro Baio	4284,2 ^{aA}	538,2	-	-	3863,4 ^{aA}	316,5	4826,2 ^{aA}	481,8
Estação 1	3640,5 ^{aA}	310,7	2857,5 ^{aA}	841,6	-	-	3260,4 ^{bA}	408,2
Estação 2	4221,8 ^{aA}	568,4	3357,6 ^{aA}	437,2	3458,4 ^{aA}	512,3	4146,9 ^{abA}	751,4
Gargantilha	4798,0 ^{aA}	507,5	-	-	3178,7 ^{aA}	435,7	4478,5 ^{abA}	1141,6
Lino	4692,4 ^{aA}	770,2	2988,5 ^{aB}	494,7	-	-	4855,9 ^{aA}	1078,3
Urubici	3412,6 ^{aA}	660,6	3327,9 ^{aA}	557,3	3734,9 ^{aA}	254,9	3734,4 ^{abA}	315,1
GERAL	4132,4 ^A	675,0	3077,8 ^B	594,7	3649,3 ^C	520,8	4309,59 ^A	937,70

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna: não existe diferença entre os sítios na mesma espécie. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha: não existe diferença entre as espécies no mesmo sítio, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

3.3.5 Ensaio de tração paralelo às fibras

Esta etapa do trabalho foi realizada a partir da adaptação da norma NBR 7190. O lote de material foi preparado a partir do material selecionado para todo o grupo de ensaio. A tração foi ensaiada em fitas produzidas segundo a metodologia descrita no capítulo anterior. O resultado do processo de produção permitiu a obtenção de 116 amostras de fitas, das quatro espécies selecionadas, com 150 milímetros de comprimento. O espaçamento entre as garras foi arbitrado em 100 milímetros com o objetivo de facilitar a manipulação do material e a introdução de uma interface (lixa) para evitar o escorregamento do material. A cada cinco ensaios foi necessário substituir as lixas, pois apresentavam rápido desgaste, inviabilizando os ensaios seguintes.

As fitas foram selecionadas cuidadosamente e não foram efetuadas reduções na seção reta com o objetivo de conduzir o processo de rompimento. Este ocorreu basicamente em dois formatos distintos. O primeiro padrão de rompimento ocorreu no sentido transversal à fita, segundo a Figura 19A. Porém o mais comum foi o rompimento no sentido longitudinal da fita, conforme a Figura 19B. Os padrões observados sugerem que o colapso da estrutura inicia em um ponto da fita que apresenta alterações na estrutura.

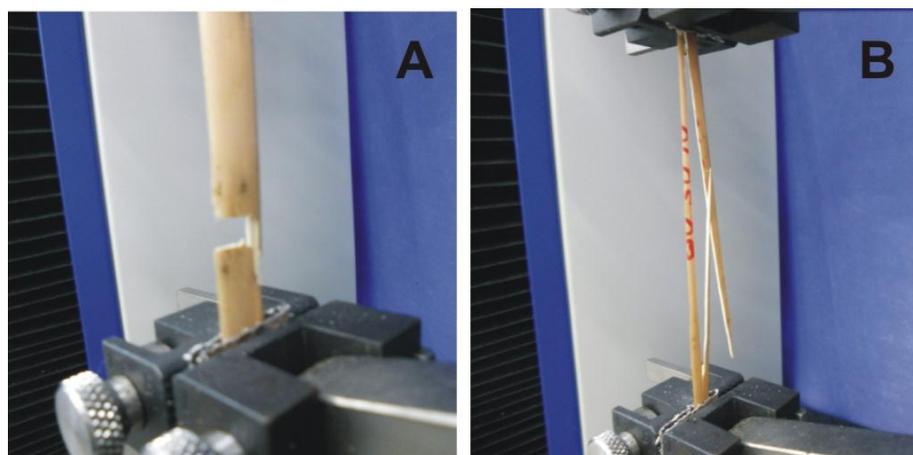


FIGURA 19 - RUPTURA DAS FITAS
FONTE - AUTOR, 2010

O módulo de elasticidade (MOE) no ensaio de tração paralela as fibras, para cada espécie e sítio é apresentado na Tabela 14.

TABELA 14 - VARIAÇÃO DO MOE TRAÇÃO (MPa) ENTRE ESPÉCIES E SÍTIOS

SÍTIO	<i>Salix viminalis</i>		<i>Salix sp</i>		<i>Salix x rubens</i>		<i>Salix purpurea</i>	
	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
Bocaina	2214,0 ^{abA}	263,1	1566,1 ^{aA}	98,6	1846,7 ^{aA}	140,2	2630,7 ^{aA}	415,7
Cerro Baio	3027,0 ^{bA}	313,7	-	-	2255,2 ^{aA}	189,3	2751,5 ^{aA}	438,1
Estação 1	2170,2 ^{abA}	495,8	1761,5 ^{aA}	224,9	-	-	2205,2 ^{aA}	637,3
Estação 2	2013,6 ^{aA}	408,3	2168,4 ^{aA}	490,9	2006,5 ^{aA}	442,2	2742,3 ^{aA}	367,8
Gargantilha	2767,4 ^{abA}	322,4	-	-	2132,0 ^{aA}	231,7	2571,4 ^{aA}	467,3
Lino	2401,3 ^{abA}	562,8	1941,5 ^{aA}	229,6	-	-	2479,7 ^{aA}	263,9
Urubici	2051,2 ^{aA}	219,8	1937,6 ^{aA}	248,5	2314,3 ^{aA}	605,1	2058,7 ^{aA}	365,5
GERAL	2332,9 ^{AC}	479,3	1917,1 ^B	338,0	2110,9 ^{AB}	376,4	2487,27 ^C	468,63

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna: não existe diferença entre os sítios na mesma espécie. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha: não existe diferença entre as espécies no mesmo sítio, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

3.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

A densidade aparente para *Salix viminalis* e *Salix purpurea* é compatível com propriedades mecânicas consonantes com aplicações de maior responsabilidade estrutural, comparativamente a *Salix x rubens* e *Salix sp.*

As condições de crescimento e manejo devem ser investigadas para consolidar os métodos de produção, pois alguns sítios apresentam rendimentos abaixo da média atingida pela mesma espécie em outros cultivos. Observou-se também que discretas diferenças de densidade são relevantes, na medida em que as espécies apresentam comportamentos diferentes no momento da aplicação do material.

O módulo de elasticidade (MOE) resultante do ensaio de tração paralela às fibras e flexão estática não apresenta diferença estatística (Tukey ao nível de 95% de probabilidade) entre *Salix viminalis* e *Salix purpurea*, com discreta variação entre sítios. O módulo de elasticidade indica que estas espécies são mais difíceis de trabalhar do que *Salix sp* e *Salix x rubens*, avaliação que coincide com o levantamento realizado por Nascimento (2009). No entanto estas mesmas espécies (*S. sp* e *rubens*) apresentam semelhança (ao mesmo nível estatístico) no módulo de elasticidade, diferindo sobremaneira da opinião dos artesãos, que descrevem *Salix x rubens* como o mais quebradiço (entre as quatro espécies) e *Salix sp* como o mais maleável. Outro fator relevante é a ausência de rompimento do material após ser atingido o limite de proporcionalidade na flexão, implicando na possibilidade de investigações sobre as características da espécie e do efeito da preparação do material neste tipo de ensaio. O cozimento é uma etapa que eventualmente representa vetor importante no comportamento do vime, haja vista a possibilidade de alterações no nível químico (lignina e extrativos) e estrutural.

A diferença no modelo físico de rompimento das fitas, descrita no ensaio de tração como longitudinal e transversal, pode também ser investigada em futuros trabalhos.

CAPÍTULO 4

ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

Os ensaios realizados para levantamento das propriedades físicas e mecânicas são relativamente rápidos para serem realizados. No entanto o processo de obtenção da amostra é minucioso e demorado, implicando também na disponibilidade de equipamentos que normalmente não são portáteis, além do necessário controle de temperatura e umidade do ambiente (laboratório) e do material a ensaiar. Uma possibilidade interessante para contornar esses problemas e avaliar algumas propriedades de materiais é o emprego da espectroscopia do infravermelho próximo (NIRS – Near Infrared Spectroscopy). Esta técnica permite a análise química e física de forma muito rápida, utilizando-se de corpos de prova de obtenção bastante simples. Basicamente a técnica corresponde à emissão de radiação eletromagnética na faixa de onda entre 800 e 2400 nm, que é refletida da superfície da amostra e analisada como uma função de comprimento de onda (MAGALHÃES, 2006). O mesmo autor comenta que fatores positivos para o uso da tecnologia incluem a rapidez da análise, ausência de preparações especiais das amostras, simplicidade dos procedimentos e boa repetibilidade, quando comparado a métodos convencionais de análise. Hein (2009) afirma que a predição de propriedades da madeira seja realizada quando existe relação direta com a composição química da madeira, mas vários trabalhos tem mostrado que propriedades de resistência e rigidez podem ser estimadas com a espectroscopia no infravermelho próximo.

Segundo Ferreira *et al.* (1999) cada espectro corresponde a um conjunto de amostras e é organizado na forma de uma matriz \mathbf{X} ($n \times m$), de variáveis independentes. Cada linha da matriz corresponde a uma amostra, com cada coluna correspondendo a absorvância registrada em um comprimento de onda específico. As variáveis dependentes são representadas por uma outra matriz \mathbf{Y} (múltiplas variáveis) ou um vetor \mathbf{y} (uma única variável). Segundo o mesmo autor o processo seguinte consiste na calibração, dividido em duas etapas: modelagem e validação, realizadas por *softwares* dada a grande quantidade de variáveis a serem processadas.

4.1 MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente trabalho as amostras de quatro espécies de *Salix* (*S. viminalis*, *S. sp*, *S. x rubens* e *S. purpurea*) foram colhidas em sete sítios localizados na região do vale do rios Canoas, estado de Santa Catarina, sul do Brasil. De cada umas das sete plantas foram colhidas cinco varas. A denominação e localização dos sítios encontra-se na Tabela 15. O material foi processado de modo a permitir o emprego na manufatura de utensílios, como cestos e peças de mobiliário. As etapas compreendem (após a colheita) a limpeza do material, corte das ramificações, cozimento e retirada da casca. O material resultante é submetido à secagem ao ar. Na produção dos corpos de prova foi utilizado um dispositivo de corte compatível com as dimensões das varas e especial atenção foi dada à qualidade superficial das amostras, de modo que não apresentassem rugosidade superficial acentuada. O material foi acondicionado em câmara climatizada a $20 \pm 3^\circ\text{C}$ e umidade de 60%, até apresentar variação de peso da ordem de 5% em 6 horas.

TABELA 15 - IDENTIFICAÇÃO DOS SÍTIOS

MUNICÍPIO	NOME DO SÍTIO	Nº DO SÍTIO	LATITUDE SUL	LONGITUDE OESTE	ALTITUDE (m)
Bocaina do Sul	Bocaina	1	27°44'40"	49°56'40"	860
Rio Rufino	Cerro Baio	2	27°51'39"	49°46'44"	860
Lages	Estação Exp. 1	3	27°48'57"	50°19'33"	916
Lages	Estação Exp. 2	4	27°48'57"	50°19'33"	916
Rio Rufino	Gargantilha	5	27°51'39"	49°46'44"	860
Rio Rufino	Lino	6	27°51'39"	49°46'44"	860
Urubici	Urubici	7	28°00'54"	49°35'31"	915

FONTE – Elaborado pelo autor a partir de dados do IBGE (2007).

As amostras foram obtidas mediante casualização, totalizando 116 unidades, com diâmetro variando de 6 a 16 milímetros e comprimento variando de 23 a 27 milímetros. Os espectros de absorbância foram obtidos por reflectância difusa, diretamente da seção transversal. Foram efetuadas duas leituras, uma em cada face transversal, sendo aplicada a média para as análises.

Foi utilizado um espectrofotômetro modelo Tensor 37 da Bruker, operando na faixa do infravermelho próximo, entre 4000 e 10000 cm^{-1} . Os modelos de calibração

multivariada foram desenvolvidos com o auxílio do software Unscrambler®, versão 9.1. O método de Análise de Componentes Principais (PCA) foi empregado na análise de informações contidas nos espectros. Segundo Ferrão (2004) a técnica consiste na aplicação de um algoritmo de compressão de dados em função da correlação existente entre as variáveis medidas. A técnica permite concentrar informações em poucas variáveis, permitindo a redução da dimensionalidade dos dados.

4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os espectros médios, representando cada espécie são mostrados na Figura 20, onde é possível observar que as espécies *Salix viminalis* e *Salix purpurea* apresentam-se agrupadas, e as espécies *Salix sp* e *Salix x rubens* estão separadas entre si na maior parte do espectro, tendendo à similaridade ao final do mesmo. O agrupamento assemelha-se ao obtido na análise de densidade do material pelo método convencional.

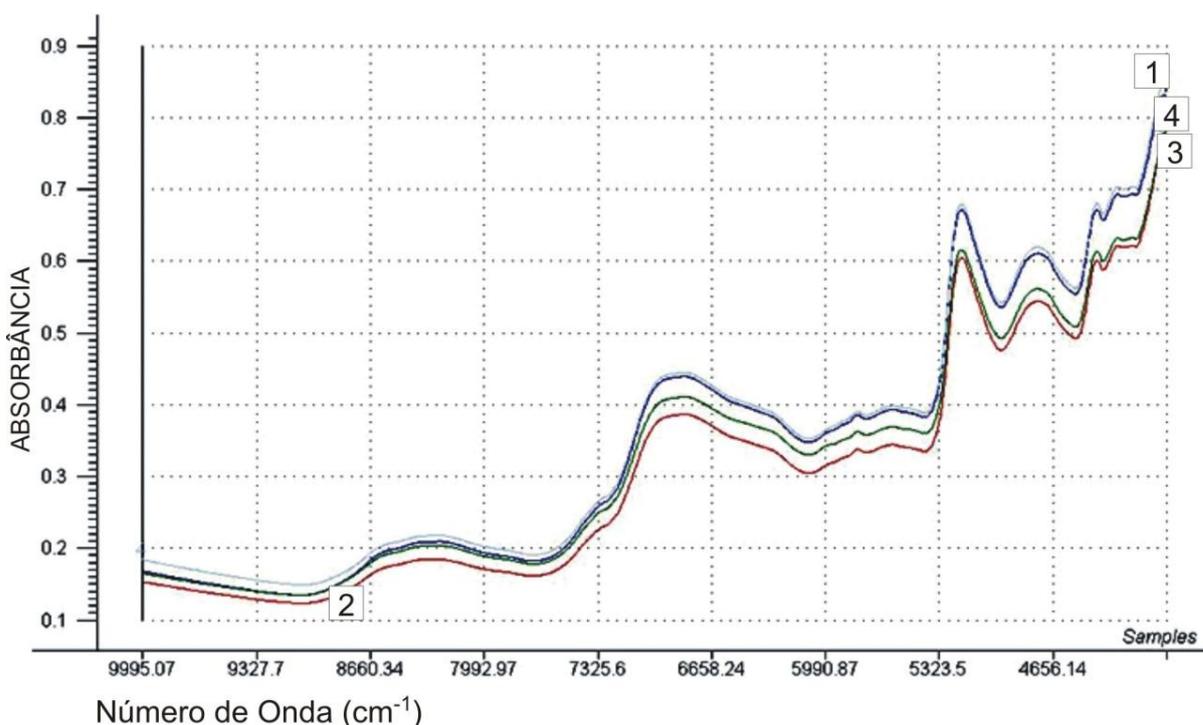


FIGURA 20 - ESPECTROS DE ABSORBÂNCIA DE *Salix viminalis* (1); *Salix sp* (2); *Salix x rubens*(3) e *Salix purpurea* (4)

Através da técnica de Análise de Componentes Principais (PCA), conclui-se que são necessários apenas dois componentes para explicar 94% da variação existente entre as espécies. O teste em conjunto das espécies e sítios, utilizando-se os espectros sem tratamento encontra-se na Figura 21.

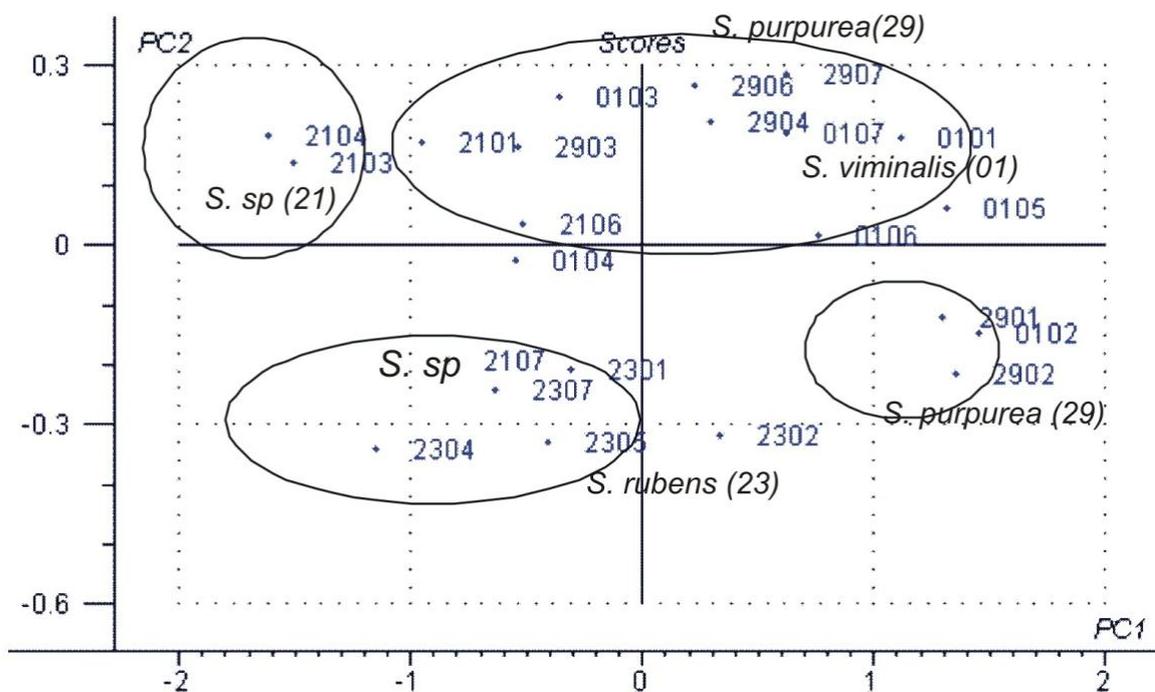


FIGURA 21 - AGRUPAMENTO DAS ESPÉCIES PELA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Observa-se que as espécies dividem-se em dois grandes grupos, o *Salix viminalis* e *Salix purpurea* e *Salix sp* e *Salix x rubens*, confirmando o observado no espectro de absorvância apresentado na Figura 20.

Este resultado de grupo é um pouco diferente do que o encontrado por Nascimento (2009c), estudando as mesmas espécies, mas através da obtenção de espectros em outro equipamento e utilizando serragem das mesmas quatro espécies.

A análise da distribuição dos diferentes sítios em cada espécie foi efetuada, sendo ilustrada nas Figuras 23 a 26. Considerando os diferentes sítios em que a espécie *Salix viminalis* foi coletada e mediante análise sem nenhum tratamento, não foi possível verificar a separação em grupos distintos (Figura 23), resultados diferentes dos obtidos por Nascimento (2009) que identificou a separação dos sítios

Lino, Estação 1 e Estação 2 em conjunto, e Gargantilha, Bocaina e Cerro em espaços distintos.

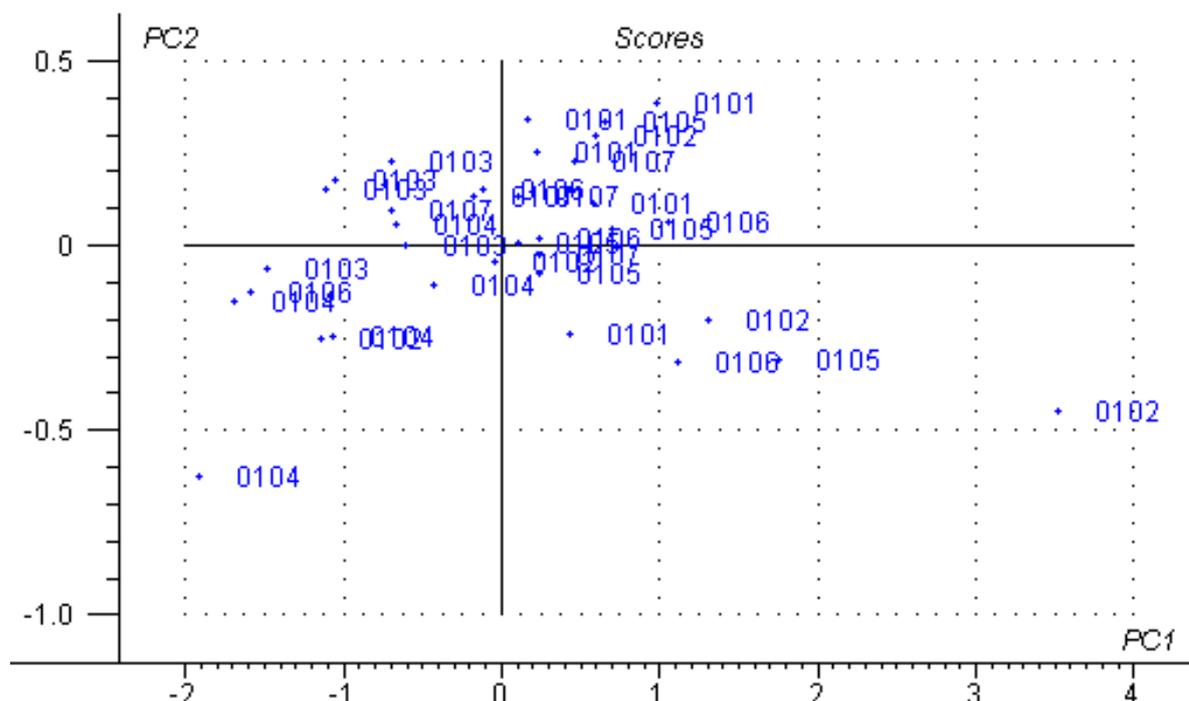


FIGURA 22 - VARIAÇÃO DA ESPÉCIE *Salix viminialis* NOS DIFERENTES SÍTIOS

Os dados da espécie *Salix sp*, quando analisados sem nenhum tratamento, permitem a visualização da proximidade entre os sítios Estação Experimental 2 e estação Experimental 1, Lino e Bocaina, estando Urubici mais isolado, (Figura 23), verificando-se que encontram-se mais espalhadas as amostras de cada sítio, resultados com alguma semelhança aos obtidos por Nascimento (2009c) que identificou proximidade dos sítios Lino e Estação 1, bem como Cerro e Estação 2.

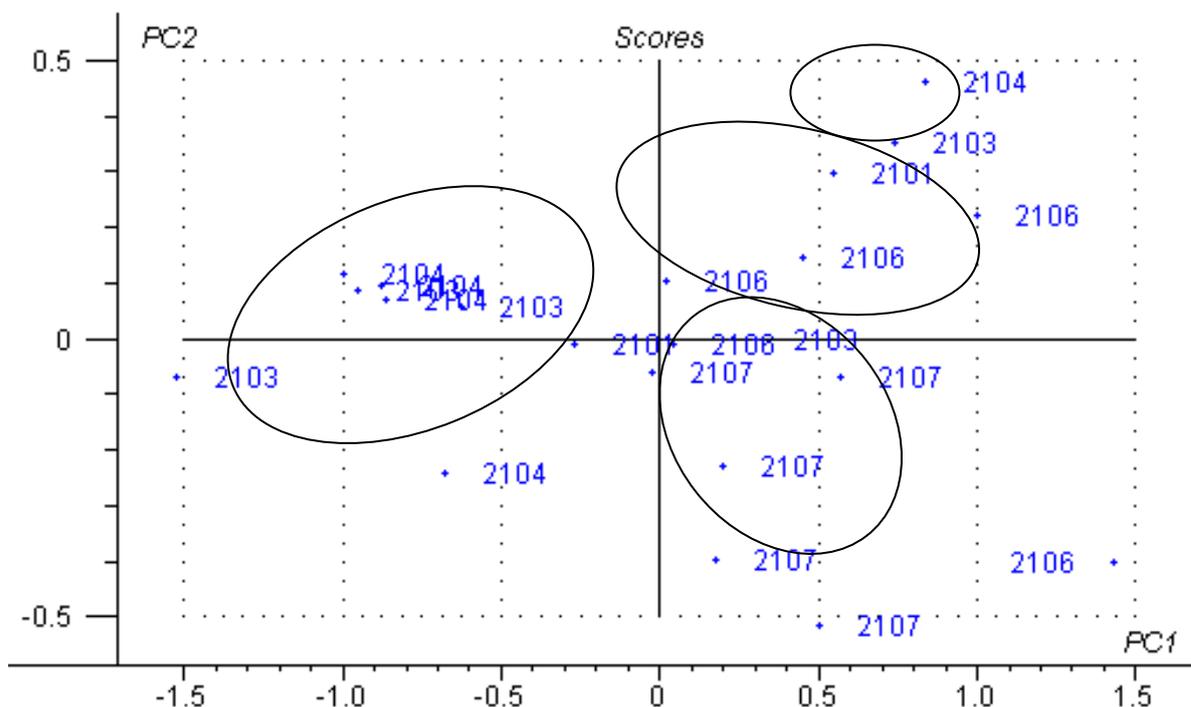


FIGURA 23 - VARIAÇÃO DA ESPÉCIE *Salix sp* NOS DIFERENTES SÍTIOS

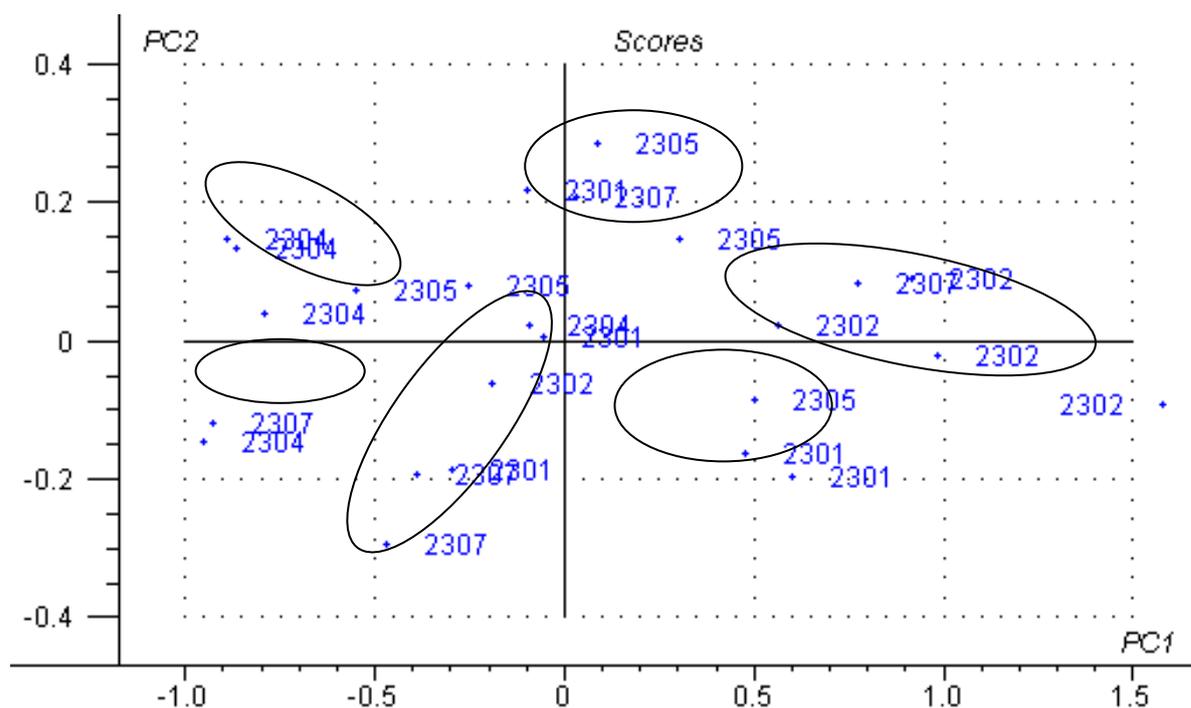


FIGURA 24 - VARIAÇÃO DA ESPÉCIE *Salix x rubens* NOS DIFERENTES SÍTIOS

Na Figura 24, observa-se que a espécie *Salix x rubens* apresenta espectro diferenciado em função dos sítios, embora a distribuição não apresente clara separação. Destaca-se o sítio Cerro Baio na separação.

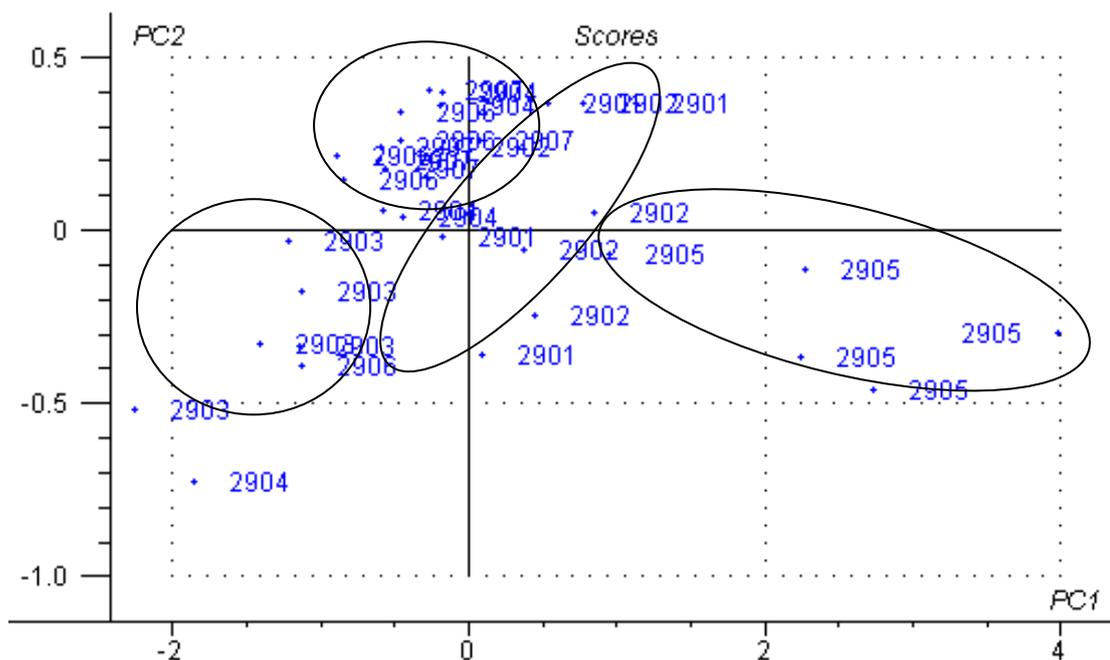


FIGURA 25 - VARIACÃO DA ESPÉCIE *Salix purpurea* NOS DIFERENTES SÍTIOS

Na análise da espécie *Salix purpurea* nos diferentes sítios, Figura 25, observa-se a separação do sítio Gargantilha, de forma semelhante ao ocorrido no em Estação Experimental 1.

A identificação das espécies em cada sítio também foi processada, sendo ilustrada nas Figuras 26 a 32.

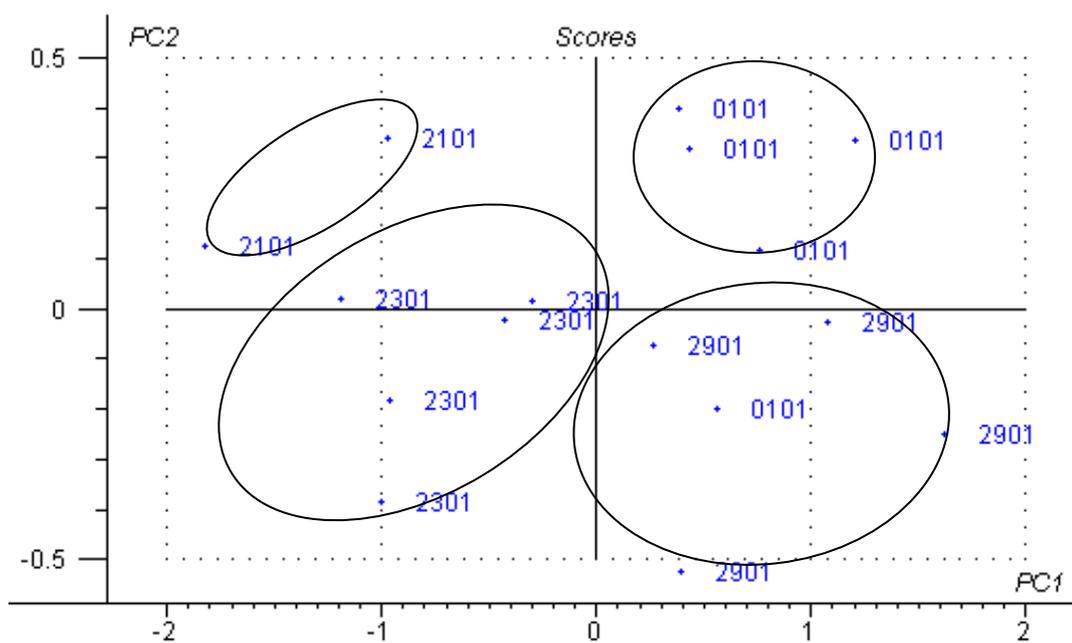


FIGURA 26 - VARIACÃO DAS ESPÉCIES DE *Salix* NO SÍTIO BOCAÍNA DO SUL

As espécies analisadas apresentam diferenças entre si dentro do sítio Bocaina (Figura 27), já no sítio Cerro Baio esta separação não é tão evidente, ficando a espécie *Salix viminalis* e *Salix purpurea* próximas entre si, e distintas da *Salix x rubens* (Figura 28). Ocorrem regiões de transição entre as espécies.

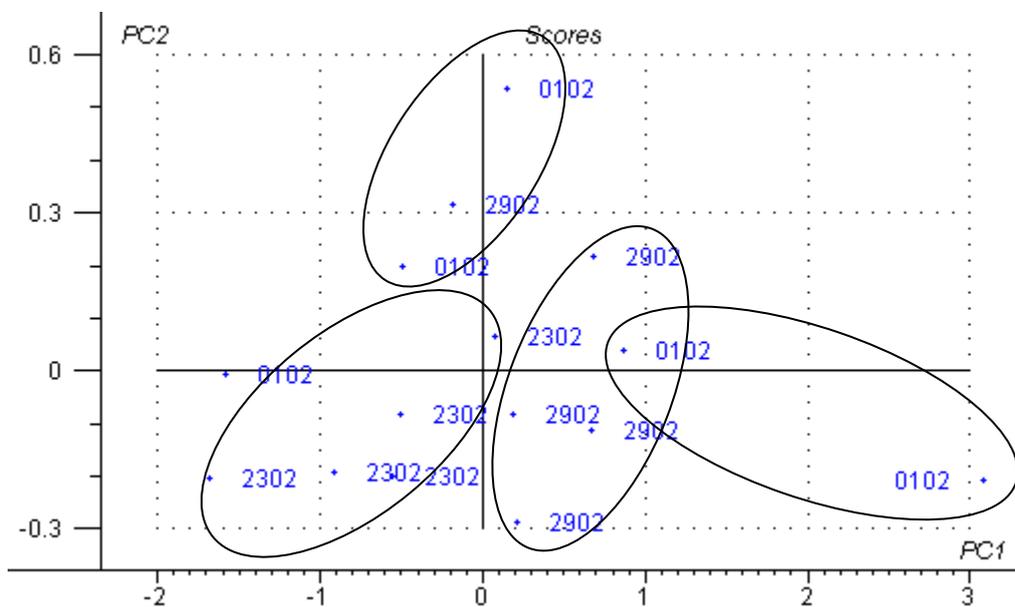


FIGURA 27 - VARIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE *Salix* NO SÍTIO CERRO BAIO

No sítio Estação Experimental 1, *Salix sp* e *Salix purpurea* se assemelham (Figura 28).

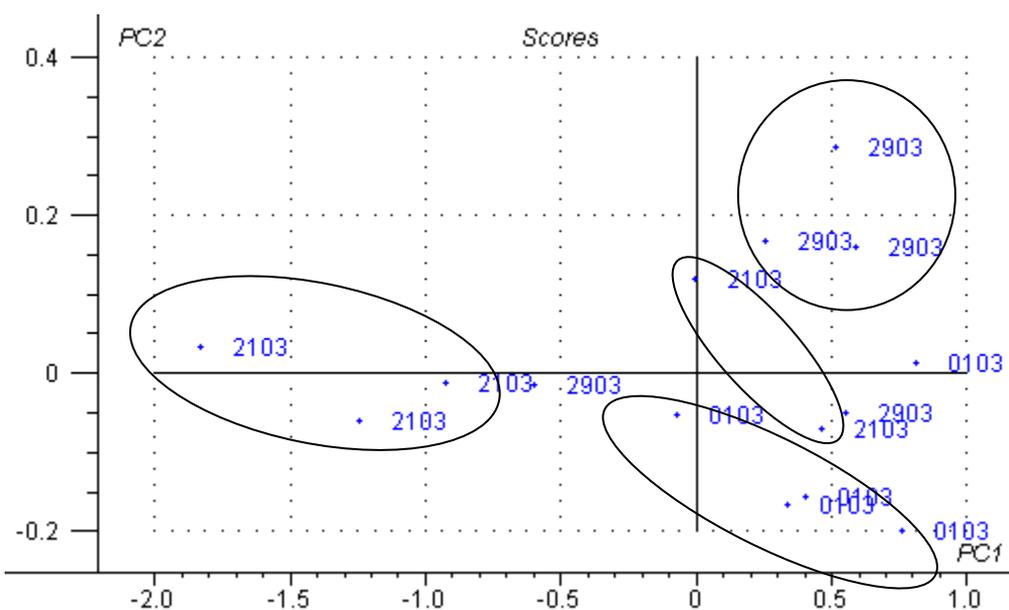


FIGURA 28 - VARIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE *Salix* NO SÍTIO ESTAÇÃO EXPERIMENTAL 1

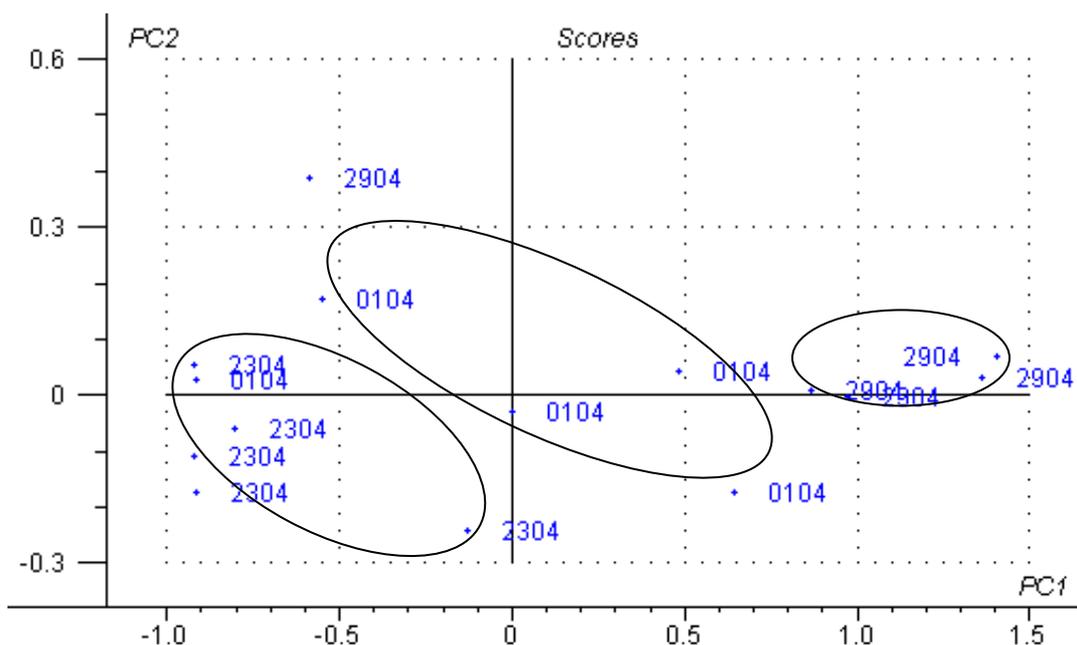


FIGURA 29 - VARIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE *Salix* NO SÍTIO ESTAÇÃO EXPERIMENTAL 2

No sítio Estação Experimental 2 (Figura 29), o *Salix purpurea* destaca-se, sendo que o *Salix x rubens* e o *Salix viminalis* se assemelham em alguns pontos, estando as amostras dentro da espécie bem separadas.

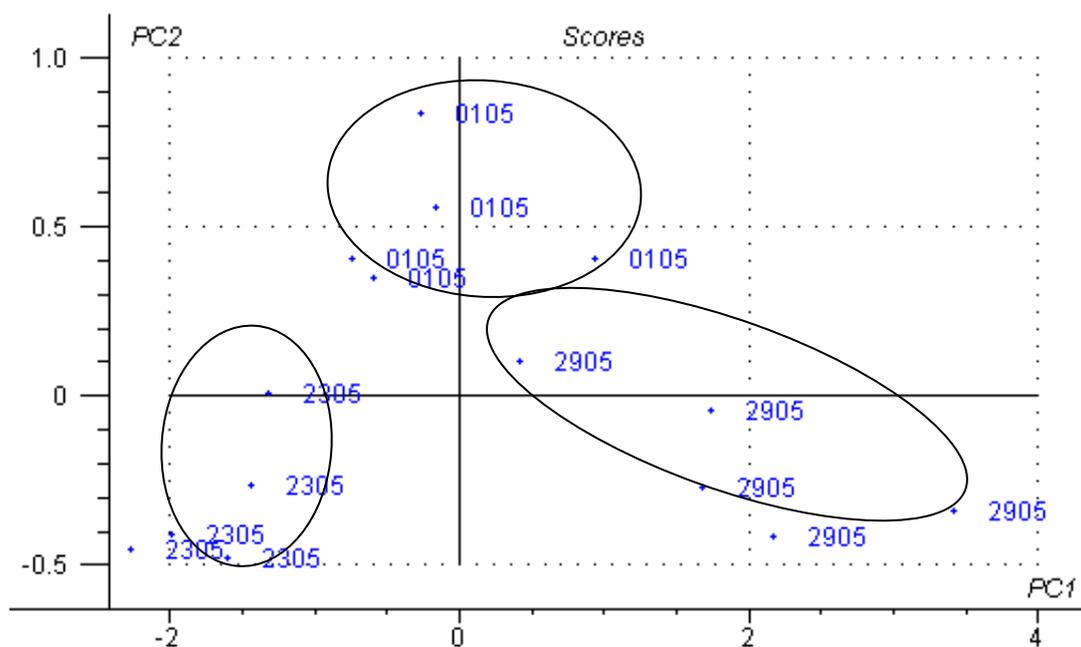


FIGURA 30 - VARIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE *Salix* NO SÍTIO GARGANTILHA

As espécies *Salix viminalis*, *Salix x rubens* e *Salix purpurea* separam-se bem dentro do sítio Gargantilha (Figura 31).

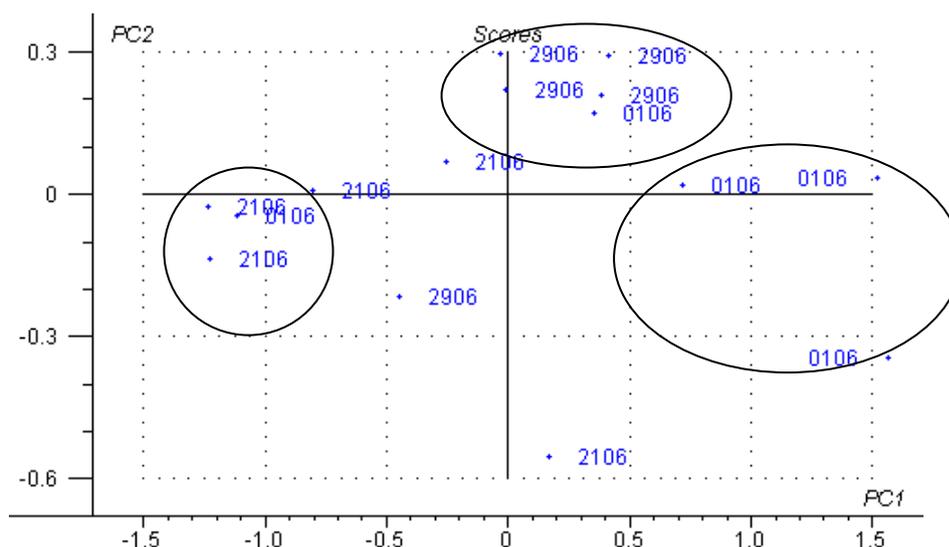


FIGURA 31 - VARIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE *Salix* NO SÍTIO LINO

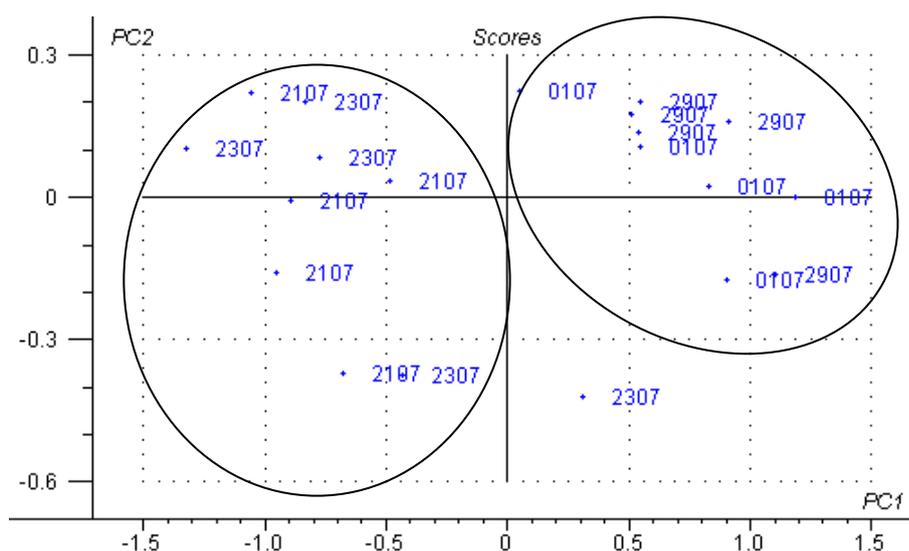


FIGURA 32 - VARIAÇÃO DAS ESPÉCIES DE *Salix* NO SÍTIO URUBICI

No sítio Urubici (Figura 32) são verificados dois grupos, um com as espécies *Salix sp* e *Salix x rubens* e o outro com *Salix viminalis* e *Salix purpurea*, separação também observada nos espectros médios .

A elaboração de modelos de predição deve atender a requisitos de confiabilidade, concomitantemente deve considerar que o tratamento a partir de modelos muito pesados são demorados em termos de tempo de processamento. Sendo assim, foram testados vários modelos, apresentados nas figuras seguintes. O primeiro modelo foi construído com dez componentes principais. A regressão com

densidade foi realizada sem tratamento e com validação cruzada em todas as 116 amostras, sem a subtração dos valores atípicos (*outlier*). O modelo apresenta uma correlação R^2 de 0,9489, no entanto apresenta grande quantidade de componentes principais (Figura 33).

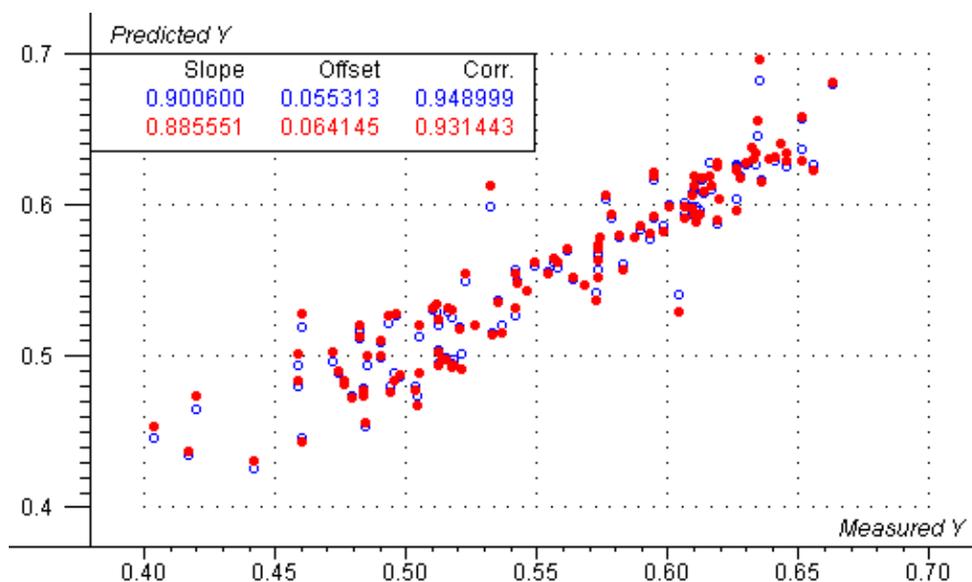


FIGURA 33 - CALIBRAÇÃO DENSIDADE COM DEZ COMPONENTES PRINCIPAIS.

A regressão com densidade sem tratamento e com cinco componentes principais (Validação cruzada com todas as 116 amostras, sem *outlier*) atingiu um nível R^2 de 0,91, no modelo com cinco componentes (Figura 34)

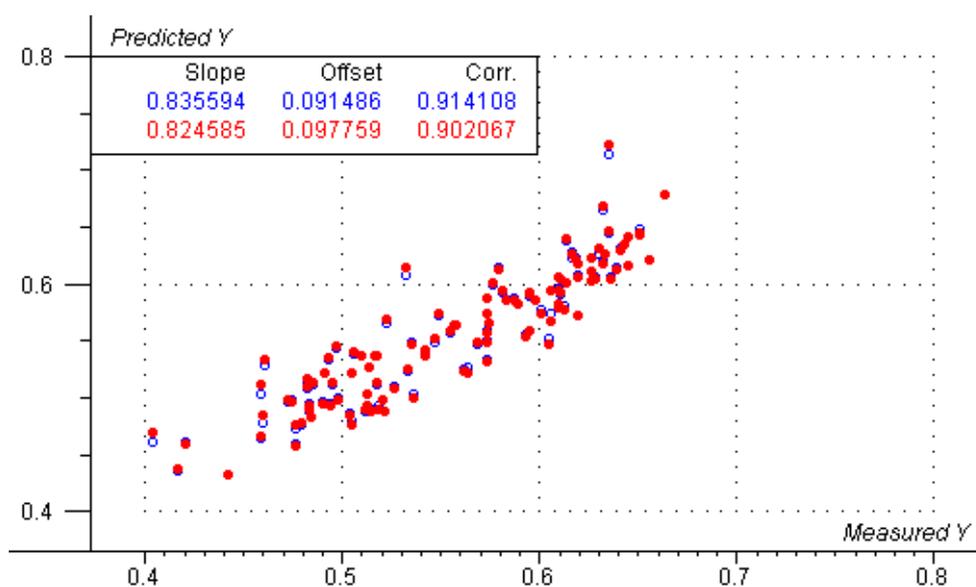


FIGURA 34 - CALIBRAÇÃO DA DENSIDADE COM CINCO COMPONENTES PRINCIPAIS.

Os valores medidos e preditos das 23 amostras de validação constam da Tabela 16:

TABELA 16 - VALORES DE DENSIDADE PREDITOS E MEDIDOS

AMOSTRA	VALOR MEDIDO	VALOR PREDITO	DESVIO PREDIÇÃO
010105b	0.5982	0.585	2.903e-02
010205b	0.5742	0.568	1.505e-02
010305b	0.4963	0.552	2.587e-02
010405b	0.5638	0.522	3.478e-02
010505b	0.6163	0.614	2.076e-02
010605b	0.6452	0.652	1.501e-02
010705b	0.5894	0.581	1.604e-02
210303b	0.5209	0.488	5.182e-02
210403b	0.4793	0.471	2.710e-02
210603b	0.4901	0.489	2.050e-02
210703b	0.4167	0.438	2.055e-02
230103b	0.5052	0.532	3.020e-02
230203b	0.5202	0.501	2.804e-02
230403b	0.4740	0.497	3.276e-02
230503b	0.5173	0.505	1.848e-02
230703b	0.5415	0.547	5.291e-02
290103b	0.6133	0.641	1.492e-02
290204b	0.5732	0.580	1.976e-02
290304b	0.5044	0.500	2.870e-02
290404b	0.5944	0.597	1.947e-02
290504b	0.6004	0.583	2.325e-02
290604b	0.6509	0.638	1.722e-02
290704b	0.6389	0.616	1.959e-02

Na construção do modelo de regressão para o MOE de flexão foram utilizadas 93 amostras e predição com 23 amostras (Figura 35).

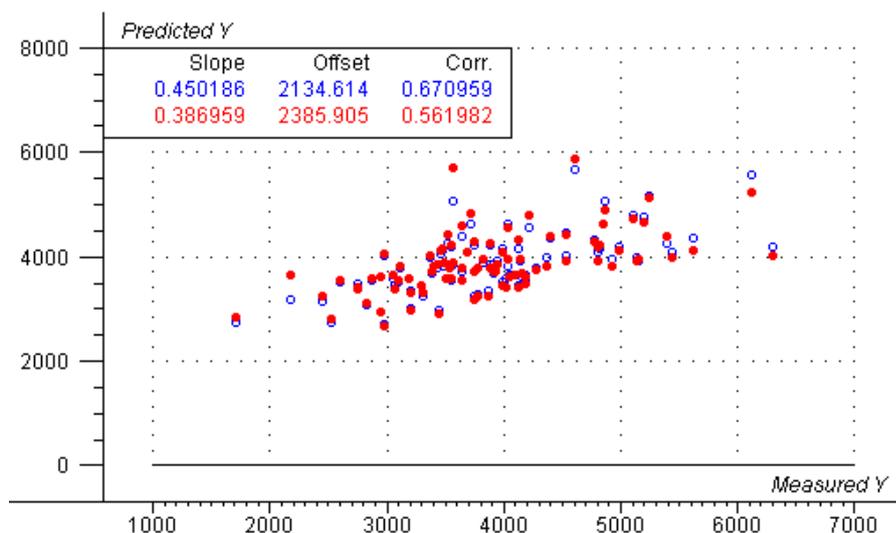


FIGURA 35 – CALIBRAÇÃO MOE PARA ENSAIO DE FLEXÃO.

A Tabela 17 apresenta os valores preditos e medidos para MOE (MPa) em ensaio de flexão estática.

TABELA 17 - VALORES PREDITOS E MEDIDOS PARA MOE FLEXÃO

AMOSTRA	VALOR MEDIDO	VALOR PREDITO	DESVIO PREDIÇÃO
010105b	5134.2883	4.116e+03	681.955
010205b	5023.2084	4.004e+03	364.456
010305b	3245.2407	3.584e+03	659.580
010405b	3712.1118	4.206e+03	806.477
010505b	3949.2198	3.688e+03	452.349
010605b	4698.8753	4.600e+03	508.365
010705b	4547.8651	3.607e+03	459.712
210303b	2966.5565	3.121e+03	1.187e+03
210403b	3242.6040	2.824e+03	574.142
210603b	2913.1364	3.268e+03	718.580
210703b	2894.6465	2.950e+03	508.689
230103b	3385.0564	3.599e+03	624.343
230203b	4193.8125	3.950e+03	645.192
230403b	3522.1801	3.510e+03	800.925
230503b	2680.6392	3.520e+03	409.266
230703b	4061.2087	3.615e+03	1.584e+03
290103b	6270.1910	4.511e+03	342.939
290204b	4651.8039	4.540e+03	636.231
290304b	3305.3657	2.994e+03	1.291e+03
290404b	4070.3854	4.024e+03	436.057
290504b	3665.3500	5.303e+03	603.750
290604b	3274.3549	4.237e+03	542.506
290704b	3627.5465	3.658e+03	479.579

A calibração do modelo de regressão para módulo de elasticidade na tração (Figura 36) foi realizada com cinco componentes principais (PCA) e 93 amostras com validação cruzada. Foi realizado tratamento de Normalização, com o objetivo de melhorar a correlação. Considerando a coleta realizada em material maciço em corte transversal a correlação pode ser considerada muito boa. A Tabela 18 apresenta valores preditos pelo modelo e valores obtidos no ensaio para comparação.

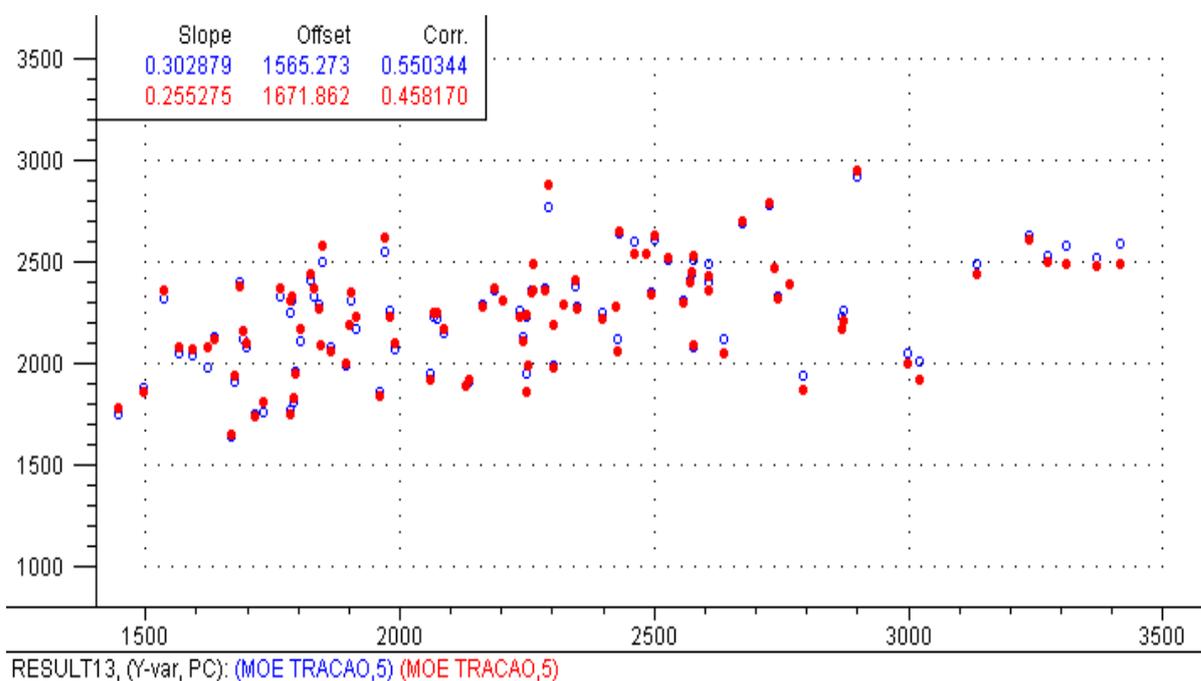


FIGURA 36 - CALIBRAÇÃO MOE PARA ENSAIO DE TRAÇÃO

TABELA 18 - VALORES PREDITOS E MEDIDOS PARA MOE TRAÇÃO (MPa)

AMOSTRA	VALOR MEDIDO	VALOR PREDITO	DESVIO PREDIÇÃO
010105	2307,6	2458	356.590
010205	2811,4	2216	206.231
010305	1983,8	2088	303.834
010405	2613,9	2348	625.225
010505	2602,8	2419	388.167
010605	2365,1	2419	298.523
010705	2014,9	2322	249.842
210303	1995,5	1802	810.408
210403	1762,9	1868	567.425
210603	2085,1	2320	309.595
210703	1827,8	2156	317.764
230103	1907,1	2079	571.481
230203	2246,9	2075	357.261
230403	1489,6	1875	271.952
230503	2440,5	2245	395.966
230703	1848,5	1756	624.032
290103	2500,4	2549	301.189
290204	3470,7	2670	305.277
290304	1514,3	1613	679.942
290404	2422,3	2294	338.625
290504	3001,9	2770	293.501
290604	2897,1	2516	209.464
290704	2244,0	2190	328.499

A medição do espectro eletromagnético na faixa do infravermelho próximo, associado a modelos de calibração adequados, é eficiente na predição da densidade em espécies de *Salix*. Propriedades mecânicas, como o módulo de elasticidade a tração paralelo às fibras e módulo de elasticidade a flexão estática, também podem ser previstos a partir de modelos bem calibrados.

Corpos de prova de madeira maciça, com leitura do espectro na seção transversal são aplicáveis na previsão de propriedades físicas e mecânicas com boa correlação estatística, além de oferecerem condições para predição de sítios de cultivo.

São necessárias investigações no sentido de avaliar as diferenças de espectros, modelos de calibração e suas correlações em função do formato de

preparação dos corpos de prova (pó e madeira maciça), bem como da posição de seção de corte da amostra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução e a consolidação de cultivos de novas espécies de *Salix* no Planalto Catarinense ocorrem em função de sua relevância social, econômica e ambiental. No entorno destes três eixos principais, vários atores da sociedade devem estruturar, implantar e avaliar continuamente estratégias de curto, médio e longo prazos, no sentido de sintonizar esforços comuns. Além disso, o potencial para aplicação das espécies em produtos e serviços necessita ser consolidado por um conjunto de processos ambientalmente responsável.

Atualmente são significativas as pressões ambientais no desenvolvimento de produtos, em muitos casos impostas por força de lei. Metodologias projetuais já contemplam etapas que buscam reduzir o impacto da produção, do uso e do descarte de produtos e serviços, neste sentido, contribuições que possibilitem compreender de modo mais preciso as várias etapas de cultivo e processamento de diversos materiais, são estrategicamente relevantes.

Como o cultivo de *Salix* possui limitações em termos de área a ser ocupada, haja vista sua implicação nos ecossistemas, é importante pesquisar e desenvolver espécies e manejos apropriados, com o objetivo de melhoria da produtividade. Um desempenho ótimo em termos quantitativos e qualitativos pode diversificar possibilidades em termos de aplicação em produtos e serviços consonantes com as demandas contemporâneas.

Embora de emprego centenário no Brasil, o material conhecido como vime é foco de discretos trabalhos de pesquisa. A frágil cadeia produtiva, composta essencialmente por pequenos agricultores, seguida de um processo de implantação relativamente recente de novas espécies, necessita de diversos aportes, como aqueles dados pelas articulações promovidas pela EPAGRI no Estado de Santa Catarina.

Este trabalho teve como foco estabelecer um caminho normativo para a aplicação em ensaios físicos e mecânicos em espécies de *Salix*, destinadas ao artesanato e à produção de mobiliário.

Em face da demanda atual por ensaios desta natureza as propostas podem ser consideradas como um primeiro passo e precisam ser confirmadas por outros trabalhos. Assim, a hipótese de que é possível estimar o potencial de aplicação das

quatro espécies pesquisadas de *Salix*, foi confirmada. Considerações e adaptações foram propostas e empregadas, em um nível de detalhamento que permite a outros pesquisadores, não necessariamente da área de engenharia, replicar e melhorar o presente trabalho.

Dentre os resultados e em função da configuração formal do material investigado, foi comprovado que a aplicação do método estereométrico oferece vantagens, tomados os devidos cuidados, na determinação da densidade aparente. A metodologia apresenta simplicidade e não requer a manipulação do mercúrio empregado no volumenômetro.

Os ensaios de flexão e tração foram também conduzidos mediante pequenas alterações nos acessórios disponíveis na máquina de ensaio, conduzindo o trabalho a resultados econômicos e estatisticamente quantificáveis.

O trabalho também apresenta dados observados quando da colheita e preparo do material para a realização dos ensaios previstos. Aproveitou-se também a oportunidade para submeter os corpos de prova a ensaios com infravermelho próximo, de modo a permitir correlações com outras propriedades. Estes ensaios sinalizam que, em uma visão estratégica de mais longo prazo, é possível aplicar tecnologia de ponta na obtenção de dados das espécies consideradas.

As investigações permitem inferir que é necessário normalizar os procedimentos para ensaios físicos e mecânicos, tendo em vista as particularidades inerentes ao *Salix*, principalmente em função das características dimensionais e geométricas das espécies. Por sua vez os resultados dos ensaios permitiram estimar diferenças e semelhanças de propriedades e comportamentos das espécies quando sujeitas a esforços. Como pode ser observado ao longo do trabalho o efeito dos sítios sobre os dados levantados são relevantes. A condução de novos ensaios a partir de espécies cultivadas e manejadas em experimentos com registros de qualidade de solo e clima poderia representar aporte importante em futuras pesquisas.

A normalização de procedimentos para avaliação de propriedades físicas e mecânicas de quatro espécies de *Salix* é mais um vetor componente na consolidação de rotinas que permitam o acompanhamento do rendimento de novos cultivos. Estes devem ser realizados não somente com o objetivo de introdução e melhoria de espécies, mas também considerando-se o cenário mundial e regional

das alterações climáticas. Sendo assim é possível antever que novos procedimentos de avaliação sejam considerados e anexados aos desenvolvidos neste trabalho, como, por exemplo, a condução de ensaios de torção. A abordagem prevista atualmente para ensaios desta natureza (norma NBR7190) estabelece vínculo entre os esforços de torção e os de tração normal às fibras, particularmente nos casos de peças estruturais e em equilíbrio estático. No caso do vime faz-se necessário o estabelecimento de rotinas que avaliem o resultado dos esforços de torção em peças não estruturais, haja vista a preocupação com os resultados estéticos.

Outro ponto que enseja oportunidade para novos trabalhos se refere à investigação do comportamento do material frente à condução de modelos distintos da etapa de cozimento das varas. As espécies avaliadas neste trabalho apresentaram rendimentos desiguais para a retirada da casca, sendo um fator que também deve ser adicionado às pesquisas para uso intensivo de novas espécies.

Alguns resultados permitem inferir que somente o módulo de elasticidade, tanto em flexão estática de varas como em tração de fitas, não permite estabelecer relação entre a prática do artesanato e os números colhidos. Como exemplo, a se considerar somente os resultados dos ensaios, cita-se que *Salix sp* (vime borracha) e *Salix x rubens* são muito semelhantes, fato contestado pelos artesãos. Pesquisas futuras podem investigar quais as características normativas em termos de ensaios e preparação de material podem auxiliar na classificação das diversas espécies.

REFERÊNCIAS

ABALOS, M. I. **Hacia la industrialización del sauce-mimbres Chileno**. Unasyuva 226/227. Volume 58, 2007.

ABALOS, M. *In*: INFOR – Instituto Forestal do Chile, 2005. **Acerca Del *Salix***. Disponível em: <<http://www.infor.cl/webinfor/PW-Salix/index.htm>>. Acesso em: fevereiro de 2007.

ALVAREZ, J. A. **Manual de mejores practicas para el cultivo y procesamiento del mimbre**. Municipalidad de San Fernando-INTA. Outubro, 2005.

ARAUJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. **Revista Floresta**, vol. 37, n. 3, p. 399-416. set/dez, 2007.

BODIG, J. & JAYNE, B. A. **Mechanics of wood and wood composites**. Malabar-Florida: Krieger Publishing Company, 1993.

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science: an introduction**. Iowa State Press, 2003.

BRAUN, B. **Produção e processamento de vime para artesanato na região de Lages**. (Relatório GTZ). Florianópolis, 1998.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.154 p.

CARPANEZZI, A.A; TAVARES, F. R; SOUZA, V. A. **Informações sobre a estaquia do salseiro (*Salix humboldtiana* WILLD)**. Circular técnica 33. Embrapa Florestas. Colombo, 1999.

CERRILO, T. **Mejoramento genético de los sauces**. Jornada das *Salicaceas*, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Buenos Aires, 2006.

CHUNG, P. G. **Clasificación taxonómica de especies del genero *Salix***. *In* INFOR. **Sauce-Mimbres *Salix spp*. Silvicultura y Producción**. Proyecto FONDEF/FDI/INFOR/CORFO: Desarrollo integral del Cultivo y la Industrialización del Sauce-mimbres. Editor: Marta Abalos R., Santiago – Chile, 2002.

EPAGRI. **Culturas Alternativas I - O Vime**. Florianópolis, 2002. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/newsvime.htm>>. Acesso em: novembro, 2010.

EPAGRI. **Sistema para a produção de vime**. Florianópolis, 2006. 40p. (Epagri. Sistemas de Produção, n. 44).

FAO. **Los álamos e los sauces en la producción de madera y la utilización de las tierras**. Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación. Roma, 1980a.

FAO. **Poplars and willows in the world – properties, processing and utilization**. Organizacion de Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentacion. Roma, 2010.

FAO. **Poplars and willows – in wood production and land use**. FAO Forestry and Forest Products Studies, n. 12, Roma, 1980b.

FERRÃO, M. F.; FURTADO, J. C.; SABIN, J. G. **Análise multivariada aplicada na identificação de fármacos antidepressivos**. Revista Brasileira de Ciências Farmacuticas vol. 40, n. 3, jul./set., 2004.

FERREIRA, M.C.; ANTUNES, A. M.; MELGO, M. S.; VOLPE, P. L. O.; Quimiometria FRANZON, J. F. **Trabalhador no cultivo de fibras: vime**. Curitiba: SENAR – PR, 2004, 60 p.

GARAY, R. M. **Comparacion de potencialidades de empleo industrial de mimbre e ratan**. In: INFOR. Sauce-Mimbre *Salix spp.* Silvicultura y Producción. Proyecto FONDEF/FDI/INFOR/CORFO: Desarrollo integral del Cultivo y la Industrialización del Sauce-mimbre. Editor: Marta Abalos R., Santiago – Chile, 2002.

GBIF-Global **Biodiversity Information Facility**. Disponível em <http://data.gbif.org/species/browse/taxon/13179919>. Acesso em: Outubro de 2010.

HASELEIN, C. R; BERGER, R; GOULART, M; Sthal, J; Trevisan, R; SANTINI, E. J; LOPES, M. C; **Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de *eucalyptus saligna* smith sob o efeito do espaçamento e da adubação**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 147-152, 2002.

HEIN, P. R. G; CAMPOS, A. C. M; LIMA, J. T; TRUGILHO, P. F; CHAIX,G. **Estimativa da resistência e da elasticidade à compressão paralela às fibras da madeira de *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla* usando a espectroscopia no infravermelho próximo**. Sci. For, Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 119-129, jun. 2009

HIBBELER. R. C. **Resistência dos Materiais**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2004.

I: Calibração Multivariada, um Tutorial, **Química Nova**, v. 22, p.724- 731, 1999.

INFOR – **Mimbre Chile... de la producción al consumo**. Editor: Marta I. Abalos R. 1ª edição, Diciembre, 1998.

INFOR. Instituto de Investigación Forestal de Chile, 2002. **Desarrollo Integral de la Silvicultura e Industrialización de *Salix viminalis*** . Disponível em: <<http://http://www.redmimbre.cl/>>. Acesso em: novembro de 2006.

JERROLD, E. W. Wood Properties. USDA. **Forest Products Laboratory**. In: ARTNTZEN, Charles J. Orlando-Florida: Ed. Encyclopedia of Agricultural Science. Academic Press: 549-561. vol. 4, October 1994.

JOLY, A. B. **Introdução à taxonomia vegetal**. 138 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002.

KOLLMANN, F. F. P. & COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology**. Volume 1, Solid Wood. Reprint. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. Springer-Verlag: 1968-1984.

LOGSDON, N. B.; CALIL Jr, C. **Influência da umidade nas propriedades de resistência e rigidez da madeira**. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, n. 18, p. 77-107, 2002.

LOGSDON, N. B.; FINGER, Z. BORGES, C. G. A. Caracterização físico-mecânica da madeira de peroba-mica, *aspidosperma populifolium* A. DC. (*apocynaceae*). Curitiba: **Revista Floresta**, vol. 38, n. 1, p. 11-21, jan/mar, 2008.

LUPION, M. R. **Arte e técnica na fabricação de móveis em vime**: Saberes, práticas e ofício. Dissertação de mestrado, Cefet-Pr, 2004, 110 p.

MAGALHÃES, W. L. E.; ZANGISKI, F.; KLEIN, C. H.; HIGA, A. R.; **Uso da espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) para predição não-destrutiva de densidade básica da madeira de *Pinus taeda***. Comunicado técnico 159. Embrapa Florestas. Colombo, Paraná. 2009.

MEIKLE, R. D. **Willows and Poplars of Great Britain and Ireland**. Botanical society of the British Isles. London, 1984.

MONTAGNA, R. G.; FEMANDES, P. S.; ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z.; **Influência da desrama artificial sobre o crescimento e a densidade básica da madeira de *pinus elliottii* var. *Elliottii***. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.9, n.27, p.35 – 46, Ago.1993.

MOURA, V. P. S. **Introdução de novas espécies de *Salix* (*Salicaceae*) no Planalto Sul de Santa Catarina, Brasil**. Embrapa. Comunicado Técnico 71. Brasília, DF, novembro 2002.

NASCIMENTO, M. B. **Aspectos técnicos e sociais para a sustentabilidade da produção e do artesanato do vime**. Tese de Doutorado, UFPR, 2009c.

NASCIMENTO, M. B.; VARGAS, C. A.; MUNIZ, G.I.B. Avaliação Comparativa de quatro espécies de *Salix* destinadas ao artesanato. **Jornada das *Salicaceas***, Mendoza, 2009a.

NASCIMENTO, M. B.; VARGAS, C. A.; MUNIZ, G.I.B. Los artesanos del mimbre – Santa Catarina – Brasil. **XIII Congreso Forestal Mundial**, Buenos Aires, 2009b.

NASCIMENTO, M. B.; VARGAS, C. A.; MUNIZ, G.I.B.; QUELUZ, G. L. O artesanato em vime na promoção da sustentabilidade ambiental, social e econômica regional. **III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales**, Buenos Aires, 2007.

NBR 7190 - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de madeira**. Anexo B. Rio de Janeiro: ABNT, 1997, 107p.

NEWSHOLME, C. **Willows the genus *Salix***. London: Latimer Trend & Company Ltd, 1992.

RECH, T. D. **Ramificação e produtividade do vimeiro em diferentes condições ambientais e de manejo no planalto Sul Catarinense**. Tese de Doutorado, UFPR, 2006.

SUTILI, F. **Bioengenharia de solos no âmbito fluvial do sul do Brasil**. Tese de Doutorado, UFSM, 2007, 95 p.

U.S.D.A. **Wood handbook - Wood as an engineering material**. Madison, WI:, Forest Service, Forest Products Laboratory. 508 p. 2010.

UNDURRAGA, J. P. **Caracterização anatômica de madeira de *Salix viminalis* L.** Disponível em: <http://revistacienciasforestales.uchile.cl/1997-1998_vol12-13n1-2a8.pdf>. Acesso em: junho de 2010.

URSO, T; PAIERO, P. **Il legno di salice: Utilizzazioni tradizionali e prospettive future**. Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze, p. 1555-1559, 2008.

WIKIMEDIA – Disponível em:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:SantaCatarina_Micro_CamposdeLages.svg.
Acesso em: novembro, 2010.

WINANDY, E. J. **Wood Properties**. USDA. Forest Products Laboratory. In: ARTNTZEN, Charles J. Orlando-Florida: Ed. Encyclopedia of Agricultural Science. Academic Press: 549-561. vol. 4, 1994.

ZASADA, L.; DOUGLAS, D. A.; BUECHLER. W. ***Salix* L. Willow**. Forest Service's North Central Research, Minnesota, 2002.