



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ESTIMATIVA DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MADEIRAS DA AMAZÔNIA
A PARTIR DOS DADOS DE DENSIDADE**

Amanda Soares da Silva

Brasília, 07 de maio de 2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
FACULDADE DE TECNOLOGIA – FT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL – EFL

**ESTIMATIVA DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MADEIRAS DA AMAZÔNIA
A PARTIR DOS DADOS DE DENSIDADE**

Estudante: Amanda Soares da Silva
Matrícula: 13/0042617

Linha de Pesquisa: Tecnologia da Madeira
Orientador: Dr. Prof. Cláudio H. Soares
Del Menezzi

Trabalho apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheira Florestal.

Brasília, 07 de maio de 2021



ANEXO . AMANDA SOARES DA SILVA

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

ESTIMATIVA DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MADEIRAS DA AMAZÔNIA A PARTIR DOS DADOS DE DENSIDADE

Estudante: **Amanda Soares da Silva**

Matrícula: **13/0042617**

Orientador: **Prof. Dr. Cláudio Henrique Soares Del Menezzi**

Menção: **SS**

Aprovada por:

Prof. Dr. Cláudio Henrique Soares Del Menezzi

Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientador (EFL)

Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale

Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Membro da Banca

Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa

Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Membro da Banca

Brasília, 07 de maio de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Cláudio Henrique Soares Del Menezzi, Professor(a) de Magistério Superior da Faculdade de Tecnologia**, em 07/05/2021, às 15:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Ailton Teixeira do Vale, Professor(a) de Magistério Superior da Faculdade de Tecnologia**, em 07/05/2021, às 16:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Florian da Costa, Professor(a) de Magistério Superior da Faculdade de Tecnologia**, em 10/05/2021, às 10:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.unb.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6597773** e o código CRC **80B599F0**.

Agradecimentos

Aos meus pais, Maria Rejane e José Carlos, por todo amor e dedicação, sempre ao meu lado nas minhas decisões, por todos os ensinamentos e inspirações, dedicação e carinho, por terem me ensinado a nunca desistir e que os obstáculos são oportunidades de aprender coisas novas.

Ao meu irmão Felipe, que sempre foi um exemplo de dedicação, me ensinando que nunca devemos desistir e que somos capazes de alcançar aquilo que desejamos, se houver força e dedicação.

Ao meu companheiro Leonardo, que nos últimos anos esteve ao meu lado, me aconselhando e apoiando, sempre disposto a me ajudar e enfrentar comigo as dificuldades, representando muitas vezes em momentos de crise meu ponto de apoio, obrigado amor!

Agradeço ao meu orientador, Cláudio sempre paciente e disposto a me ajudar, tendo papel fundamental na realização desse trabalho, agradeço a cada orientação e direcionamento, não somente neste projeto, como na graduação em geral, sua vontade de ensinar proporciona aos alunos a oportunidades de crescer profissionalmente e como pessoa.

Agradeço aos professores que sempre foram exemplos de pessoas e profissionais, e me mostraram toda a beleza e importância da Engenharia Florestal, fazendo com que me apaixonasse por tudo relacionado a ela. A UnB, ao Departamento de Engenharia Florestal, as meninas da secretaria, por toda dedicação, sempre dispostas a ajudar.

Agradeço a todos os profissionais do LPF, que vem contribuindo ao longo de vários anos na formação acadêmica dos alunos da Engenharia Florestal, em especial ao técnico de laboratório João Anacleto (*in memoriam*), que durante muitos anos esteve auxiliando e contribuindo na pesquisa florestal, e na formação de novos profissionais, sem seu trabalho e contribuição, este não seria possível, meu muito obrigado!

A todos os meus amigos de curso, que sobreviveram junto comigo nessa batalha acadêmica, desde os mais antigos aos mais recentes, por todas as conversas, e troca de ajuda e conhecimento contribuindo imensamente não só na minha vida acadêmica, mas também pessoal.

Resumo

O Brasil é um país de grande diversidade de espécies vegetais com potencial para os mais variados usos, sabe-se que cada vez mais se torna necessário descobrir as propriedades mecânicas da madeira a ser empregada em determinados usos, para evitar o desperdício ou emprego inadequado de determinadas espécies. No entanto, ensaios para a determinação dessas propriedades muitas vezes só são possíveis no ambiente acadêmico, tendo isso em mente, a possibilidade de obter tais propriedades através de maneiras mais simples traria economia de tempo e recursos. Com a disponibilidade de um banco de dados com as propriedades mecânicas de diversas espécies já catalogadas do Brasil, e com a disponibilidade de modelos matemáticos, existe a possibilidade de calcular tais propriedades utilizando apenas uma variável simples de ser obtida, a densidade da madeira. Neste contexto o presente trabalho tem como objetivo o estudo das relações da densidade como estimador das propriedades mecânicas de madeiras da Amazônia, utilizando dois modelos matemáticos, comparando-os entre si e entre as densidades verde e densidade aparente. Foram analisadas as correlações entre as propriedades e a densidade verde e aparente, de forma individual para as 269 espécies apresentadas no banco de dados de madeiras brasileiras do Laboratório de Produtos Florestais, utilizando dois modelos matemáticos, o modelo linear e um modelo potência. A análise de dados foi realizada para a correlação entre cada propriedade e densidade sendo as densidades a variável independente e as propriedades mecânicas a variável dependente. Dentre os dois modelos analisados o modelo que apresentou superioridade nos resultados em todas as combinações foi o modelo potência sendo observados coeficientes $R^2 = 0,88$ que corroboram os resultados observados em outros estudos. Partindo destes resultados foi possível observar-se que existe alta correlação entre as propriedades mecânicas e densidade. Sendo assim ao comparar os resultados de R^2 , a aplicação das densidades como parâmetro de obtenção de propriedades mecânicas se mostrou significativa, ou seja, pode ser utilizada para a aferição de propriedades mecânicas, permitindo obter um valor aproximado ao real.

Palavras-chave: Madeira, Propriedades mecânicas, Densidade aparente, Densidade verde, Modelos matemáticos.

Abstract

Brazil is a country of great diversity of plant species with the potential for the most varied uses, it is known that it is increasingly necessary to discover the mechanical properties of the wood to be used in certain uses, in order to avoid the waste or inappropriate use of certain species. However, tests for the determination of these properties are often only possible in the academic environment, keeping this in mind, the possibility of obtaining such properties through simpler ways would save time and resources. With the availability of a database with the mechanical properties of several species already cataloged in Brazil, and with the availability of mathematical models, there is the possibility of calculating such properties using only one simple variable to be obtained, the density of the wood. In this context, the present work aims to study the density relationships as an estimator of the mechanical properties of Amazonian woods, using two mathematical models, comparing them among themselves and between green densities and apparent density. The correlations between the properties and the green and apparent density were analyzed, individually for the 269 species presented in the database of Brazilian woods of the Forest Products Laboratory, using two mathematical models, the linear and power model. Data analysis was performed for the correlation between each property and density with densities being the independent variable and mechanical properties being the dependent variable. Among the two models analyzed, the model that showed superior results in all combinations was the power model, with coefficients $R^2 = 0.88$ being observed, which corroborate the results observed in other studies. From these results it was possible to observe that there is a high correlation between mechanical properties and density. Thus, when comparing the results of R^2 , the application of densities as a parameter for obtaining mechanical properties proved to be significant, that is, it can be used for the measurement of mechanical properties, allowing to obtain an approximate value to the real one.

Keywords: Wood, Mechanical properties, Apparent density, Green density, Mathematical models.

Lista de Figuras

Figura 1 - Modelo potência ajustado para densidade verde e dureza janka paralela (a) e perpendicular (b) às fibras.....	20
Figura 2 - Modelo potência ajustado em relação a densidade aparente e módulo de elasticidade na Flexão Estática (c), e gráfico de resíduo do ajuste (d).	23
Figura 3. Modelo potência ajustado para a relação entre densidade verde e módulo de elasticidade.....	24
Figura 4 - Gráficos de correlação entre densidade aparente e dureza janka paralela e Dureza janka perpendicular as fibras, seguidos dos gráficos de dispersão dos resíduos.....	63
Figura 5 - Gráficos da correlação entre fendilhamento, compressão paralela e compressão perpendicular, pela densidade aparente, seguidos dos gráficos de distribuição dos resíduos..	64
Figura 6 - Gráficos de correlação entre módulo de ruptura, tração perpendicular e cisalhamento, para densidade aparente, seguidos dos gráficos de distribuição dos resíduos.	65
Figura 7 - Gráficos dos resíduos de dureza janka e dureza paralela janka perpendicular as fibras respectivamente.	66
Figura 8 - Gráficos das correlações entre densidade verde fendilhamento e compressão paralela, seguidos dos gráficos de distribuição dos resíduos.	66
Figura 9 - Gráficos das correlações entre densidade verde compressão perpendicular, módulo de ruptura e tração perpendicular, seguidos dos graficos de distribuição dos resíduos.	67
Figura 10 - Gráfico da correlação entre densidade verde e cisalhamento seguido do gráfico de dispersão dos resíduos.	68

Lista de Tabelas

Tabela 1. Valores de coeficientes de determinação para as relações entre propriedades mecânicas de 87 espécies testadas a densidade básica.....	13
Tabela 2. Funções que relacionam as propriedades mecânicas às densidades verde e aparente para madeiras duras e macias.	14
Tabela 3. Relação das famílias empregadas e quantidade de espécies por família.....	16
Tabela 4. Valores mínimos médios e máximos para as propriedades empregadas no presente estudo.	17
Tabela 5. Modelos de regressão ajustados para a estimativa de propriedades da madeira a partir da densidade verde.	18
Tabela 6. Modelos de regressão ajustados para a estimativa de propriedades da madeira a partir da densidade aparente.....	21
Tabela 7. Modelos de regressão ajustados para a estimativa de propriedades da madeira a partir das densidades verde e aparente, para a família <i>Fabaceae</i>	25

Lista de Símbolos, Nomenclatura e Abreviações

- D_{apa} - Densidade aparente (g/cm^3)
- D_v - Densidade verde (g/cm^3)
- f_m - Módulo de Ruptura em Flexão estática (MPa)
- E_m - Módulo de Elasticidade em Flexão Estática (MPa)
- f_{c0° - Compressão paralelo as fibras (MPa)
- f_{c90° - Compressão perpendicular as fibras (MPa)
- f_{H0° - Dureza janka paralelo (N)
- f_{H90° - Dureza janka perpendicular (N)
- f_{t90° - Tração perpendicular as fibras (MPa)
- f_s - Fendilhamento (N/cm)
- f_{v0° - Cisalhamento (MPa)
- MPa - Mega Pascal ($10 \text{ Kg}/\text{cm}^2$)
- S_{yx} - Erro padrão da estimativa
- $S_{yx}\%$ - Erro padrão da estimativa em porcentagem (%)
- R^2 - Coeficiente de determinação
- f_{bw} - Flexão de impacto (N)

SUMÁRIO

Resumo	5
Abstract	6
Lista de Figuras	7
Lista de Tabelas	8
Lista de Símbolos, Nomenclatura e Abreviações.....	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1. Densidade	12
3.2. Densidade como estimador de propriedades da madeira.....	13
3.3. Modelos potência e linear.....	14
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
4.1. Coleta de dados.....	15
4.2. Espécies estudadas.....	15
4.3. Propriedades físicas e mecânicas.....	16
4.4. Análise estatística	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5.1. Relações entre densidade verde e as propriedades mecânicas da madeira.....	18
5.2. Relações entre densidade aparente e as propriedades mecânicas da madeira.	21
5.3. Relações entre densidade aparente e densidade verde e as propriedades mecânicas das espécies pertencentes a família <i>Fabaceae</i>	24
6. CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
APÊNDICE	30
ANEXO 1.	55
ANEXO 2.	63

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de grande diversidade de espécies vegetais com potencial para os mais variados usos, as madeiras brasileiras apresentam uma ampla variação de densidades e propriedades mecânicas, o que permite serem aplicadas em diversas finalidades, desde estruturas de grande porte a acabamentos e artesanatos.

Sabe-se que cada vez mais se torna necessário analisar as propriedades mecânicas das madeiras para que sejam empregadas em determinados usos. Assim evita-se o desperdício ou emprego inadequado de determinadas espécies, além de possibilitar a introdução no mercado de espécies alternativas, com propriedades semelhantes as espécies tradicionalmente empregadas. Desta forma tirando a pressão sobre as florestas que estão em constante ameaça.

No entanto, ensaios para a determinação dessas propriedades muitas vezes só são possíveis no ambiente acadêmico, devido a necessidades como, seguir normas técnicas pré-estabelecidas, equipamentos para ensaio de corpos de prova, equipamentos para a confecção dos corpos de prova, os quais devem ser confeccionados dentro das normas técnicas, e tempo, tanto para aclimação das amostras quanto para os ensaios, o que torna o procedimento complexo e demorado.

A possibilidade de obter os valores de propriedades mecânicas de maneira mais simples traria economia de tempo e recursos. Neste sentido, com a disponibilidade de um banco de dados com as propriedades mecânicas de diversas espécies já catalogadas no Brasil, e com o auxílio de modelos matemáticos ajustados de acordo com essa base de dados, é possível obter os valores dessas propriedades utilizando apenas uma variável simples de ser obtida, a densidade da madeira.

Em cálculos de estruturas de madeiras se utiliza propriedades da madeira seca quando está se encontra na sua umidade de equilíbrio, cujo valor médio internacional aceito é 12%. Para que a madeira fique nestas condições é necessário secar até sua massa se manter constante, o que dependendo das condições de ambiente e da espécie em questão, pode levar semanas. Assim, com um modelo ajustado, é possível estimar valores aproximados das propriedades utilizando a densidade verde, obtida a partir da madeira saturada pouco tempo depois de sua obtenção.

2. OBJETIVO

Neste contexto o presente trabalho teve como objetivo avaliar as relações das densidades verde e aparente, como estimadoras das propriedades mecânicas de 269 espécies de madeiras da Amazônia, comparando dois modelos matemáticos entre si e entre as densidades verde e densidade aparente das espécies de madeiras.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Densidade

A densidade como estimador das propriedades mecânicas da madeira vem sendo amplamente aplicada em diversos estudos. Sabe-se que esta propriedade está relacionada com a composição da madeira, logo características anatômicas, como comprimento de fibra, espessura da parede, diâmetro do lúmen, proporção de células e tecidos, tais como vasos e parênquimas, porcentagem de celulose, hemicelulose, lignina e extrativos, estão ligadas as propriedades mecânicas (Duarte, 2017). Além disso a densidade também é influenciada pela espécie, pelo clima e região no qual a árvore se desenvolveu.

De acordo com Hellmeister (1982) a densidade é a propriedade física de maior significância para a caracterização da madeira destinada a construção civil, painéis e indústria moveleira. Shimoyama e Barrichello (1991) apresentaram a densidade como um dentre os mais importantes parâmetros para a avaliação da qualidade da madeira, devido a facilidade de determiná-la e o fato de estar relacionada as outras características da madeira.

Shimoyama e Barrichello (1991), Humphreys e Chimelo (1992) afirmaram que as demais propriedades da madeira estão relacionadas à sua densidade, sendo este um dado importante para iniciar o estudo desse material. Dias (2000) também afirmou que partindo dessa propriedade é possível estimar outras propriedades de resistência e de rigidez da madeira.

Segundo Shimoyama (1990), a densidade é uma quantificação direta do material lenhoso por unidade de volume, estando relacionada a muitas propriedades e características tecnológicas fundamentais para a produção e utilização dos produtos florestais. Sendo um dos parâmetros mais importantes entre as diversas propriedades físicas da madeira, pois afeta todas as demais propriedades desta.

A densidade aparente é a relação entre a massa e o volume, a um teor de umidade específico. Refere-se à densidade medida a um certo conteúdo de umidade, nas condições de atmosfera com temperatura de 20°C e 65% de umidade relativa do ar e a umidade de equilíbrio da madeira a 12% e determinado pela norma NBR 7190/1997. Está é a densidade que apresenta

maior dificuldade em ser obtida devido a necessidade de climatização da madeira até massa constante (MELO, 2002). A densidade verde de acordo com a literatura é obtida a partir da madeira em condição saturada, ou seja, quando esta, encontra-se com todos os vazios internos cheios de água. Ela é obtida por meio da relação entre a massa verde e o volume verde, ambos na condição saturada (MELO, 2002).

3.2. Densidade como estimador de propriedades da madeira.

Ao longo dos anos, diversos autores veem analisando a correlação entre a densidade da madeira e suas propriedades. Nascimento (1983), que em seu trabalho sobre variabilidade da densidade básica e de propriedades mecânicas de madeiras da Amazônia, ao realizar análises estatísticas com o objetivo de investigar as variações dentre estas propriedades observou que algumas espécies, mesmo com densidade básica similar, apresentaram propriedades mecânicas significativamente distintas.

No entanto, outros autores observaram relações significativas entre tais propriedades. O resultado de Nascimento (1993) pode estar relacionado, como citado pela autora, a possíveis defeitos em corpos de prova, tendo em vista que estes influenciariam diretamente na resistência durante o ensaio. Dessa forma, espécies com densidade elevada podem apresentar resistência inferior devido a falhas nos corpos de prova. No mesmo estudo, a autora avaliou também a correlação entre propriedades mecânicas e densidade básica por região, obtendo os coeficientes de determinação (R^2) apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de coeficientes de determinação para as relações entre propriedades mecânicas de 87 espécies testadas a densidade básica.

D_b	Coeficientes de Determinação por Regiões			
	Amapá	Balbina	Curuá-Una	Tapajós
E_m	0,78	0,69	0,74	0,56
F_m	0,88	0,72	0,83	0,68
f_{c0°	0,86	0,78	0,79	0,68
f_{c90°	0,81	0,70	0,88	0,67
f_{v0°	0,69	0,66	0,76	0,56

Fonte: Nascimento (1993)

Dias (2000), estudando a densidade aparente como estimador de propriedades de resistência e rigidez da madeira dentre elas compressão, tração e cisalhamento, concluiu que tal relação apresentou resultados satisfatórios, obtendo valores de $R^2 = 0,80$ para a relação

densidade aparente e dureza janka. Os valores de R^2 obtidos pelas regressões foram expressivos, ou seja, próximos de 1.0, logo, o autor concluiu que a densidade está altamente correlacionada com as propriedades da madeira.

Rocha (1994) e Araujo (2007) também constataram que, através da análise de variância da regressão, que a as propriedades mecânicas estão diretamente relacionadas a densidade básica, segundo eles, é possível estimar tais propriedades de qualquer espécie amazônica tanto para a madeira verde quanto para a seca. O mesmo resultado, foi constatado por Lobão *et al.* (2004) utilizando a norma ABNT NBR 7190:1997, seus resultados indicaram que a densidade influencia expressivamente a resistência mecânica da madeira. Oliveira (2017), também concluiu que a partir da densidade, pode-se simplificar a verificação e dimensionamento das peças empregadas na construção.

No Forest Products Laboratory (2010) as relações aproximadas entre as propriedades mecânicas da madeira com densidade verde e aparente foram calculadas. As madeiras foram separadas em madeiras duras e macias. Foram utilizadas 43 espécies de madeiras macias e 66 de madeiras duras, para a ajuste foi utilizado uma função potência, as equações geradas podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2. Funções que relacionam as propriedades mecânicas às densidades verde e aparente para madeiras duras e macias.

Propriedades	Relação entre densidade e resistência da madeira			
	Densidade verde		Densidade aparente	
	Macia	Dura	Macia	Dura
Flexão estática				
f_m (kPa)	$109600 * D_v^{1,01}$	$118700 * D_v^{1,16}$	$170700 * D_{apa}^{1,01}$	$171300 * D_{apa}^{1,13}$
E_m (MPa)	$16100 * D_v^{0,76}$	$13900 * D_v^{0,72}$	$20500 * D_{apa}^{0,84}$	$16500 * D_{apa}^{0,70}$
WML (kj m. ⁻³)	$147 * D_v^{1,21}$	$229 * D_v^{1,51}$	$179 * D_{apa}^{1,34}$	$219 * D_{apa}^{1,54}$
f_{bw} (N)	$353 * D_v^{1,35}$	$422 * D_v^{1,39}$	$346 * D_{apa}^{1,39}$	$423 * D_{apa}^{1,65}$
f_{c0° (kPa)	$49700 * D_v^{0,94}$	$49000 * D_v^{1,11}$	$93700 * D_{apa}^{0,97}$	$76000 * D_{apa}^{0,89}$
f_{c90° (kPa)	$8800 * D_v^{1,53}$	$18500 * D_v^{2,48}$	$16500 * D_{apa}^{1,57}$	$21600 * D_{apa}^{2,09}$
f_{v0° (kPa)	$11000 * D_v^{0,73}$	$17800 * D_v^{1,24}$	$16500 * D_{apa}^{0,85}$	$21900 * D_{apa}^{1,13}$
f_{l90° (kPa)	$3800 * D_v^{0,78}$	$10500 * D_v^{1,37}$	$6000 * D_{apa}^{1,11}$	$10100 * D_{apa}^{1,30}$
f_{H0° (N)	$6230 * D_v^{1,41}$	$16550 * D_v^{2,31}$	$8590 * D_{apa}^{1,49}$	$15300 * D_{apa}^{2,09}$

Fonte: Adaptado de Forest Products Laboratory (2010).

3.3. Modelos potência e linear

Os modelos utilizados no presente estudos foram escolhidos devido a sua utilização em outras análises. No caso do modelo linear trata-se de uma equação simples que é capaz de ser ajustada às mais variadas bases de dados. Modelo potência já foi empregado por outros autores

como visto na Tabela 2 retirada do trabalho do Forest Products Laboratory (2010) e em outras pesquisas que obtiveram bons resultados.

De acordo com Dias e Lahr (2004), alguns autores se referem ao modelo linear como significativo, já outros afirmam que o modelo exponencial apresenta relação superior. Nenhum autor nacional estabeleceu um modelo que explique de forma abrangente todas as relações para as madeiras tropicais aqui discutidas. Dias (2000) em seu trabalho sobre as relações entre densidade aparente e as propriedades de resistência a rigidez da madeira, observou em seus resultados que o modelo potência apresentou-se superior ao modelo linear.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Coleta de dados

Os dados de densidade e propriedades mecânicas utilizados no presente trabalho foram obtidos através do banco de dados de madeiras brasileiras do Laboratório de Produtos Florestais – LPF do Serviço Florestal Brasileiro - SFB, disponíveis no site: <https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/madeiras-brasileiras> acessado no dia 06 de março de 2021. Os dados foram transcritos para planilhas do Excel, em seguida organizados para a posterior análise. Foram excluídas das análises as espécies que não apresentavam dados de densidade e as que não apresentavam dados para uma determinada propriedade, foram excluídas apenas na regressão dessa propriedade. Embora as propriedades tenham sido extraídas do banco de dados em kgf/cm², as mesmas foram transformadas em MPa por meio da divisão por 9,81 o equivalente a 100kgf/cm².

4.2. Espécies estudadas

As 269 espécies empregadas no presente estudo encontram-se listadas no Anexo 1. Destas, 15 foram coletadas Belém (PA), 12 em Buriticupu (MA), 75 em Curuá-Una (PA), 19 na Flona de Caxiuanã (PA), 19 na Floresta Nacional de Jamari (RO), 62 em Juruá-Solimões (AM), 50 em Santarém (PA), 17 em Tucumã (PA). Na Tabela 3, as famílias abordadas no presente estudo, foram classificadas partindo das com maior representatividade para as de menor representatividade em número de espécies.

Tendo em vista que algumas famílias apresentaram grande representatividade na relação de espécies aqui empregadas, a família *Fabaceae* foi selecionada para avaliar a correlação entre densidades e propriedades mecânicas, com o intuito de observar se existe uma correlação mais significativa entre elas.

Tabela 3. Relação das famílias empregadas e quantidade de espécies por família.

Famílias	Nº de espécies	Famílias	Nº de espécies
<i>Fabaceae</i>	28	<i>Sterculiaceae</i>	4
<i>Caesalpinaceae</i>	27	<i>Caryocaraceae</i>	3
<i>Mimosaceae</i>	23	<i>Guttiferae</i>	3
<i>Sapotaceae</i>	23	<i>Rutaceae</i>	3
<i>Moraceae</i>	16	<i>Tiliaceae</i>	3
<i>Lauraceae</i>	15	<i>Bombacaceae</i>	2
<i>Lecythidaceae</i>	15	<i>Elaeocarpaceae</i>	2
<i>Anacardiaceae</i>	12	<i>Flacourtiaceae</i>	2
<i>Vochysiaceae</i>	12	<i>Goupiaceae</i>	2
<i>Burseraceae</i>	9	<i>Humiriaceae</i>	2
<i>Annonaceae</i>	8	<i>Simaroubaceae</i>	2
<i>Euphorbiaceae</i>	8	<i>Araliaceae</i>	1
<i>Combretaceae</i>	7	<i>Bixaceae</i>	1
<i>Myristicaceae</i>	7	<i>Calophyllaceae</i>	1
<i>Chrysobalanaceae</i>	6	<i>Crisobalanaceae</i>	1
<i>Meliaceae</i>	6	<i>Melastomataceae</i>	1
<i>Apocynaceae</i>	4	<i>Proteaceae</i>	1
<i>Bignoniaceae</i>	4	<i>Rhamnaceae</i>	1
<i>Boraginaceae</i>	4		
Total Geral		269	

Fonte: Adaptado do Banco de dados de madeiras brasileiras LPF/SFB, (2021).

4.3. Propriedades físicas e mecânicas.

As regressões foram ajustadas para as seguintes combinações, densidade aparente para o módulo de ruptura em flexão estática, módulo de elasticidade em flexão estática, compressão máxima paralela as fibras, compressão no limite proporcional perpendicular as fibras, dureza janka paralelo as fibras, dureza janka perpendicular, tração de compressão máxima perpendicular as fibras, fendilhamento e cisalhamento. Para as mesmas propriedades também foram feitas as regressões com os valores de densidade verde. Os valores mínimo, médio e máximo das densidades e propriedades referentes ao universo amostral estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores mínimos médios e máximos para as propriedades empregadas no presente estudo.

Propriedade	Mínimo	Médio	Máximo
f_m (MPa)	30,90	119,23	196,09
E_m (MPa)	4588,77	13218,79	19680,72
f_{c0° (MPa)	23,05	63,34	123,08
f_{c90° (MPa)	1,94	10,57	28,04
f_{H0° (N)	2162,00	7822,00	19365,00
f_{H90° (N)	1244,00	7822,00	19456,00
f_{t90° (MPa)	1,43	4,05	9,18
f_s (N/cm)	235,00	547,00	918,00
f_v (MPa)	3,87	13,18	24,07
D_v (g/cm ³)	0,82	1,15	1,32
D_{apa} (g/cm ³)	0,31	0,74	1,26

4.4. Análise estatística

Os modelos escolhidos foram o linear $y = a + b.D$ e potência $y = a.D^b$. As regressões foram obtidas por meio do programa *CurveExpert Professional 2.7.3* evitando a necessidade de linearizar o modelo potência por meio da transformação logarítmica.

Para as regressões, as densidades, verde e aparente, foram utilizadas como variáveis independentes, e para avaliar a qualidade das regressões considerou-se os erros padrões da estimativa (S_{yx}), e os valores de coeficientes de determinação (R^2), além dos erros padrão da estimativa em porcentagem ($S_{yx}\%$).

O S_{yx} indica a precisão do ajuste de um modelo matemático, e somente deve ser utilizado como comparador quando as variáveis dependentes apresentarem a mesma unidade de medida, desse modo, quanto menor o seu valor, melhores são as estimativas obtidas com a equação.

Por outro lado, o $S_{yx}\%$, calculado segundo a Expressão 01, informa a qualidade do ajuste e o quanto relativamente a equação erra em média ao estimar uma variável dependente.

$$S_{yx}\% = \frac{S_{yx}}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (1)$$

Em que:

$S_{yx}\%$ = Erro Padrão da estimativa em porcentagem;

S_{yx} = Erro Padrão da Estimativa;

\bar{x} = Média aritmética da variável dependente

O Coeficiente de Determinação (R^2) é a porcentagem da variação da variável dependente explicada pela variável independente, ou seja, ela representa o quanto a variável dependente pode ser explicada pela regressão.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Relações entre densidade verde e as propriedades mecânicas da madeira.

Aqui são apresentados os resultados da análise de regressão, que teve como objetivo estabelecer a relação entre a densidade verde da madeira as suas propriedades mecânicas de forma individual por propriedade, cujos resultados encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Modelos de regressão ajustados para a estimativa de propriedades da madeira a partir da densidade verde.

Modelo	Modelos ajustados	S_{yx}	$S_{yx}\%$	R^2
Potência	$f_m = 75,31 * D_v^{3,28}$	22,90	19,20	0,62
Linear	$f_m = -219,56 + 296,89 * D_v$	24,04	20,16	0,58
Potência	$E_m = 10161,83 * D_v^{2,07}$	1943,41	14,44	0,56
Linear	$E_m = -12435,42 + 22697,96 * D_v$	1974,09	14,67	0,55
Potência	$f_{c0^\circ} = 41,97 * D_v^{3,05}$	12,36	19,22	0,59
Linear	$f_{c0^\circ} = -106,01 + 149,22 * D_v$	12,91	20,07	0,55
Potência	$f_{c90^\circ} = 4,25 * D_v^{5,10}$	2,90	27,85	0,68
Linear	$f_{c90^\circ} = -37,04 + 41,55 * D_v$	3,34	32,12	0,58
Potência	$f_{H0^\circ} = 42,31 * D_v^{5,09}$	24,44	27,27	0,63
Linear	$f_{H0^\circ} = -285,33 + 327,86 * D_v$	26,59	29,66	0,57
Potência	$f_{H90^\circ} = 29,03 * D_v^{6,54}$	22,81	29,16	0,70
Linear	$f_{H90^\circ} = -322,58 + 350,40 * D_v$	26,37	33,71	0,60
Potência	$f_{t90^\circ} = 3,46 * D_v^{1,43}$	1,08	25,96	0,17
Linear	$f_{t90^\circ} = -1,55 + 5,02 * D_v$	1,08	25,99	0,16
Potência	$f_s = 4,25 * D_v^{2,05}$	1,25	21,65	0,31
Linear	$f_s = -5,31 + 9,57 * D_v$	1,26	21,76	0,30
Potência	$f_{v0^\circ} = 8,56 * D_v^{3,11}$	2,84	21,42	0,54
Linear	$f_{v0^\circ} = -22,30 + 31,13 * D_v$	2,95	22,25	0,50

Dentre os dois modelos analisados o que apresentou superioridade nos resultados em todas as combinações foi o modelo potência. Ao comparar os valores de S_{yx} , $S_{yx}\%$ e R^2

apresentados na Tabela 5, pode-se verificar que o modelo potência apresenta os menores valores de erro padrão para todas as propriedades, além disso o modelo apresentou o R^2 mais próximos de um 1,0 em todas as regressões, demonstrando a superioridade desse modelo sobre o linear quando utilizado para determinação das propriedades através dos valores de densidade verde da madeira.

A Tabela 5 também apresenta os modelos ajustados para estimar as propriedades através da densidade verde da madeira, mostrando ser possível estimar com mais de 60% de representatividade as propriedades f_m , f_{c90° , f_{H0° e f_{H90° e com mais de 50% as propriedades E_m , f_{c0° e f_{v0° , Pigozzo (1982) concluiu que não existe efeito significativo da densidade sobre o módulo de elasticidade, segundo seu estudo sobre a influência da umidade e da densidade na resistência à compressão da madeira de Peroba Rosa, Pinho do Paraná e Eucalipto citrodora, mas como será visto mais adiante, essa propriedade apresentou correlação significativa.

Com exceção das propriedades f_{i90° e f_s para todas as demais propriedades o modelo de potência destacou-se, apresentando um coeficiente de determinação superior a 0,5, portanto é um modelo que explica mais de 50% da variabilidade dos dados em relação ao valor médio. Paula et al. (1986) citados por Rocha (1994) investigando a relação entre as propriedades de 39 espécies da Amazônia, observaram coeficiente de determinação para madeira na condição verde, variando entre 0,64 e 0,76 valores estes próximos ao observados no presente estudo.

Os coeficientes de determinação observados aqui para f_{H0} e f_{H90° , são semelhantes aos obtidos por Lahr et al. (2010), quando estudava a influência da densidade aparente na dureza paralela e perpendicular às fibras em espécies tropicais, no qual encontrou os coeficientes 0,59 para f_{H0° e 0,77 para f_{H90° . Foi observado que os resultados obtidos partindo das densidades verdes, estão próximos aos dos referidos autores, dessa forma é possível supor que a densidade verde pode ser utilizada como estimador destas propriedades.

Ainda de acordo com Lahr et al. (2010), os modelos assim obtidos, podem de certa forma, ser utilizados como ferramentas para facilitar a decisão a respeito das espécies de madeira que podem ser empregadas na confecção de pisos e dormentes, o que conforme observado na introdução deste trabalho, tornaria o procedimento para classificação da madeira para este uso em questão, mais simples e rápido, além de contribuir para o uso racional deste recurso.

O R^2 de 0,62 para a relação densidade verde e f_m aqui encontrado foi superior ao de Melo e Siqueira (1992) citado por Dias e Lahr (2004), que foi de 0,56, e inferior ao de Dias e Lahr (2004) de 0,75. Na Figura 1 pode-se observar o comportamento do modelo.

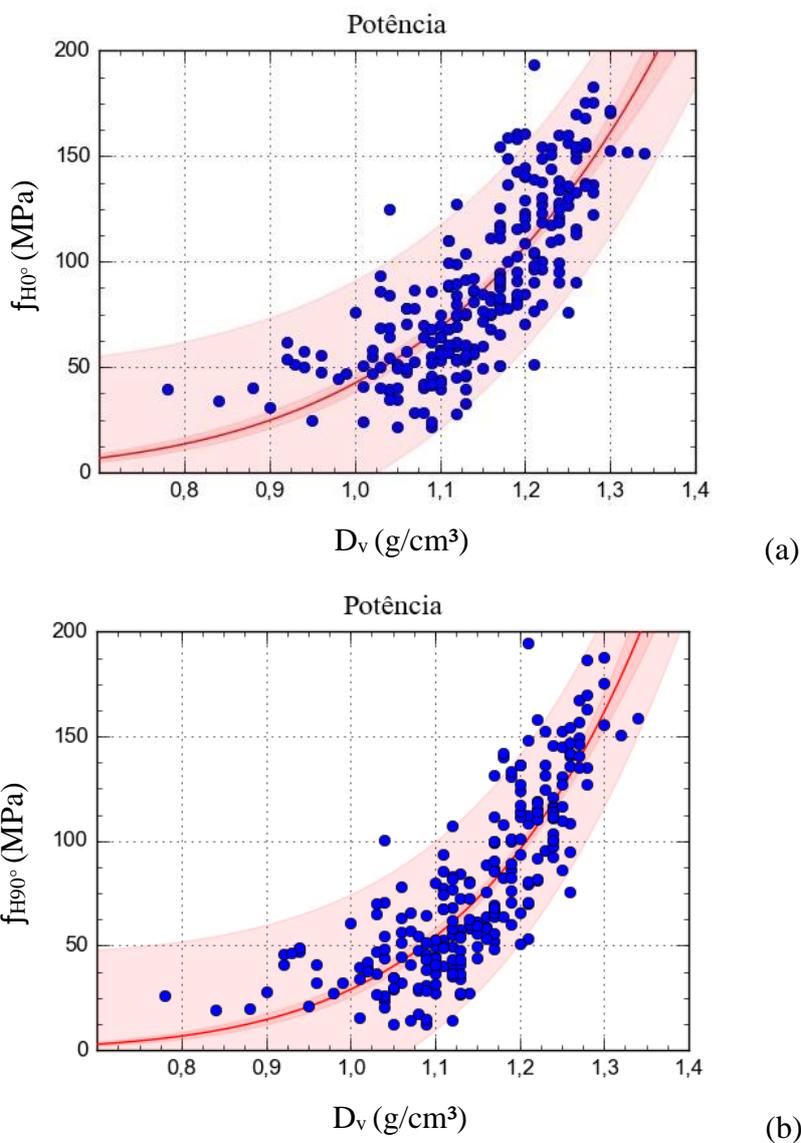


Figura 1 - Modelo potência ajustado para densidade verde e dureza janka paralela (a) e perpendicular (b) às fibras.

5.2. Relações entre densidade aparente e as propriedades mecânicas da madeira.

Os resultados da análise de regressão, que teve como objetivo estabelecer a relação entre densidade aparente da madeira e as suas propriedades mecânicas, estão apresentados na Tabela 6. Foram analisadas as relações entre as propriedades e a densidade de forma individual para cada propriedade.

Ambos os modelos potência e linear apresentaram coeficiente de determinação elevados, mostrando que ambos podem ser usados para a determinação das propriedades em questão, quanto ao erro padrão da estimativa em porcentagem, mostrou-se também a proximidade dos resultados entre os modelos, porém, repetindo o que ocorreu nos testes de densidade verde, o modelo potência se mostrou superior nas estimativas.

Tabela 6. Modelos de regressão ajustados para a estimativa de propriedades da madeira a partir da densidade aparente.

Modelo	Modelos Ajustados	Syx	Syx%	R ²
Potência	$f_m = 162,22 * D_{apa}^{1,15}$	13,30	11,40	0,88
Linear	$f_m = -17,61 + 179,60 * D_{apa}$	13,25	11,35	0,88
Potência	$E_m = 16462,22 * D_{apa}^{0,73}$	1271,37	9,62	0,81
Linear	$E_m = 3426,67 + 13105,09 * D_{apa}$	1279,94	9,68	0,81
Potência	$f_{c0^\circ} = 86,96 * D_{apa}^{1,09}$	9,24	14,58	0,80
Linear	$f_{c0^\circ} = -5,11 + 91,79 * D_{apa}$	9,26	14,61	0,80
Potência	$f_{c90^\circ} = 17,51 * D_{apa}^{1,93}$	2,15	20,37	0,85
Linear	$f_{c90^\circ} = -8,19 + 25,24 * D_{apa}$	2,31	21,82	0,83
Potência	$f_{H0^\circ} = 144,47 * D_{apa}^{1,71}$	19,28	20,92	0,82
Linear	$f_{H0^\circ} = -61,29 + 204,12 * D_{apa}$	19,31	20,96	0,81
Potência	$f_{H90^\circ} = 136,47 * D_{apa}^{2,12}$	17,41	21,65	0,87
Linear	$f_{H90^\circ} = -81,86 + 215,41 * D_{apa}$	18,09	22,49	0,85
Potência	$f_{t90^\circ} = 5,05 * D_{apa}^{0,69}$	0,98	24,28	0,63
Linear	$f_{t90^\circ} = 0,99 + 24,44 * D_{apa}$	0,99	24,44	0,39
Potência	$f_s = 6,92 * D_{apa}^{0,73}$	0,96	17,54	0,59
Linear	$f_s = 1,36 + 5,61 * D_{apa}$	0,97	17,75	0,58
Potência	$f_{v0^\circ} = 17,38 * D_{apa}^{0,94}$	1,93	14,65	0,76
Linear	$f_{v0^\circ} = 0,64 + 16,77 * D_{apa}$	1,93	14,67	0,76

Para as propriedades, f_m , E_m , f_{c0° , f_{c90° , f_{H0° e f_{H90° , as regressões apresentaram valores de coeficientes de determinação superior a 0,80 (Tabela 6), demonstrando a boa capacidade do

modelo em estimar tais propriedades. Para as demais propriedades, f_{i90° , f_s e f_{v0° o modelo apresentou um R^2 de 0,63, 0,59 e 0,76 respectivamente.

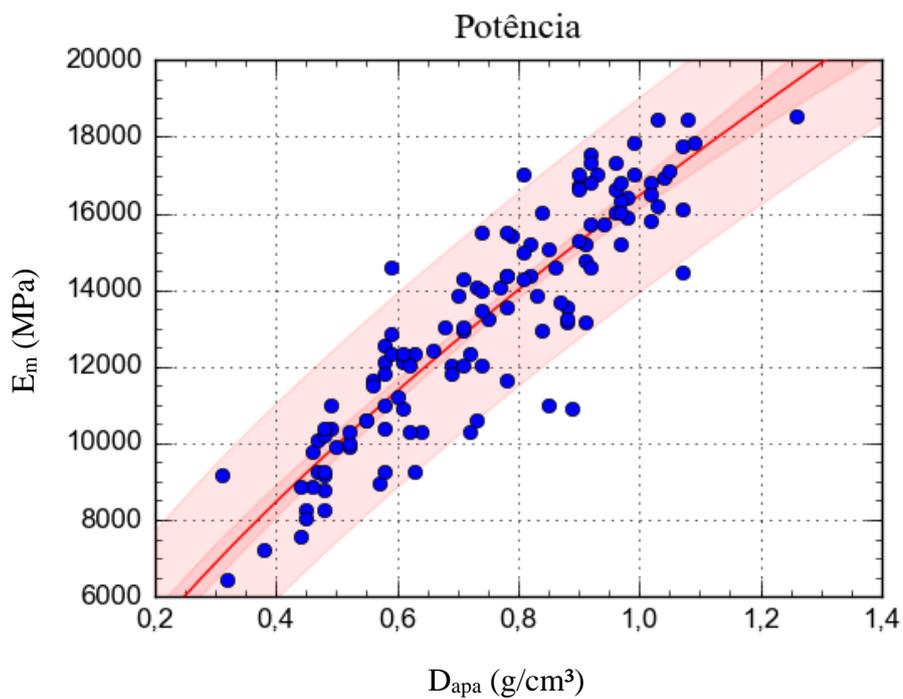
Na Tabela 6 também estão apresentadas também as expressões obtidas para estimar através da densidade aparente da madeira suas propriedades, tendo sido possível estimar com mais de 80% de representatividade as propriedades f_m , E_m , f_{c0° , f_{c90° , f_{H0° e f_{H90° e com mais de 58% as propriedades f_{i90° , f_s e f_{v0° . Para todas essas propriedades o modelo apresentou boa representatividade, logo pode-se concluir que existe alta correlação entre essas propriedades mecânicas e a densidade aparente da madeira.

Os coeficientes de determinação (R^2) de 0,88 observados no presente estudo corroboram com os resultados observados por Oliveira (2017), em seu estudo sobre o dimensionamento de elementos de madeira pelo método da densidade, no qual observou um R^2 de 0,87 para o modelo linear e 0,87 para o modelo potência na correlação entre a densidade aparente e o f_m .

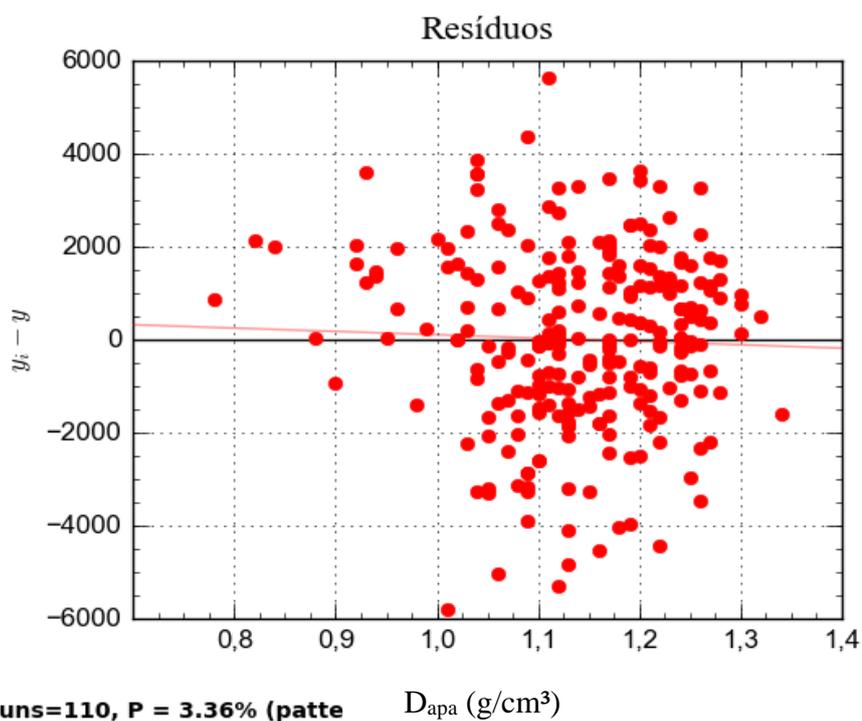
Esse autor observou também o menor R^2 para f_{i90° de 0,55, como o observado neste estudo, em que a tração perpendicular também apresentou o menor coeficiente de determinação para ambas as densidades. Segundo Nascimento (1993) é comum ocorrer por exemplo, trincas em corpos de prova com alta densidade quando submetidos a climatização o que influenciaria nos resultados dos ensaios de tração.

Quando comparados os resultados do presente estudo com os de Dias (2000), em seu estudo sobre a densidade aparente como estimador de propriedades de resistência e rigidez da madeira, notou-se que os valores de R^2 aqui encontrado são superiores, significando uma correlação ainda maior, de acordo com o mesmo autor.

E como observado por Oliveira (2017), o modelo matemático que apresentou os melhores resultados foi o modelo de potência, corroborando com o resultado do presente estudo. A Figura 2 apresenta o comportamento do modelo em relação aos dados de módulo de elasticidade amostrados.



(c)



(d)

Figura 2 - Modelo potência ajustado em relação a densidade aparente e módulo de elasticidade na Flexão Estática (c), e gráfico de resíduo do ajuste (d).

Embora o modelo potência tenha apresentado resultados superiores, observa-se que os coeficientes de determinação, obtidos para a regressão linear apresentaram valores

significativos, e próximos de (1), no entanto, para a f_{t90° , o R^2 apresentou valor relativamente baixo, deixando de explicar quase 60% dessa propriedade.

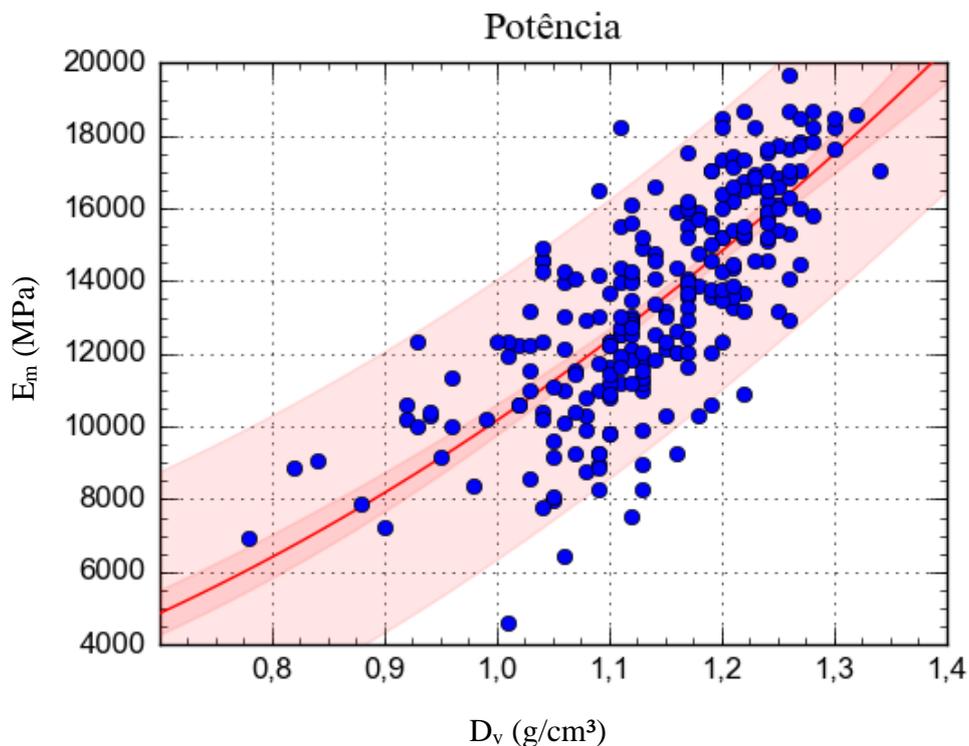


Figura 3. Modelo potência ajustado para a relação entre densidade verde e módulo de elasticidade.

5.3. Relações entre densidade aparente e densidade verde e as propriedades mecânicas das espécies pertencentes a família *Fabaceae*.

As análises de regressão referente as espécies da família *Fabaceae*, produziram os resultados apresentados na Tabela 7. Como pode ser observado, os coeficientes de determinação, obtidos a partir das correlações entre densidade verde e as propriedades, foram inferiores aos obtidos pela densidade aparente.

Com exceção da tração perpendicular às fibras e do fendilhamento, os resultados mostram a possibilidade de obter um valor aproximado das propriedades. Porém se compararmos os resultados obtidos da análise de densidade aparente (Tabela 6), com os da Tabela 7, é possível notar, que não houve ganho de precisão, ao avaliar a correlação por família para este universo amostral.

Tabela 7. Modelos de regressão ajustados para a estimativa de propriedades da madeira a partir das densidades verde e aparente, para a família *Fabaceae*.

Modelo	Modelos Ajustados D_{apa}	R^2	Modelos Ajustados D_v	R^2
Potência	$f_m = 156,20 * D_{apa}^{1,10}$	0,85	$f_m = 58,75 * D_v^{4,36}$	0,57
Linear	$f_m = -13,65 + 170,1 * D_{apa}$	0,85	$f_m = -384,1 + 430,05 * D_v$	0,53
Potência	$E_m = 16319,95 * D_{apa}^{0,84}$	0,77	$E_m = 8183,94 * D_v^{3,05}$	0,46
Linear	$E_m = 2102,9 + 14233 * D_{apa}$	0,76	$E_m = -26492 + 34037 * D_v$	0,45
Potência	$f_{c0^\circ} = 87,64 * D_{apa}^{1,11}$	0,64	$f_{c0^\circ} = 35,54 * D_v^{3,86}$	0,38
Linear	$f_{c0^\circ} = -8,044 + 95,797 * D_{apa}$	0,64	$f_{c0^\circ} = -188 + 217,14 * D_v$	0,36
Potência	$f_{c90^\circ} = 18,19 * D_{apa}^{1,82}$	0,83	$f_{c90^\circ} = 2,90 * D_v^{8,09}$	0,75
Linear	$f_{c90^\circ} = -9,97 + 28,162 * D_{apa}$	0,79	$f_{c90^\circ} = -76,19 + 74,62 * D_v$	0,63
Potência	$f_{H0^\circ} = 126,44 * D_{apa}^{1,38}$	0,69	$f_{H0^\circ} = 39,84 * D_v^{4,89}$	0,37
Linear	$f_{H0^\circ} = -42,91 + 170,56 * D_{apa}$	0,69	$f_{H0^\circ} = -341,3 + 366,83 * D_v$	0,35
Potência	$f_{H90^\circ} = 118,10 * D_{apa}^{1,69}$	0,82	$f_{H90^\circ} = 25,05 * D_v^{6,92}$	0,52
Linear	$f_{H90^\circ} = -70,15 + 190,58 * D_{apa}$	0,80	$f_{H90^\circ} = -483,7 + 479,45 * D_v$	0,48
Potência	$f_{t90^\circ} = 4,85 * D_{apa}^{0,71}$	0,33	$f_{t90^\circ} = 2,70 * D_v^{2,47}$	0,21
Linear	$f_{t90^\circ} = 1,22 + 6,63 * D_{apa}$	0,32	$f_{t90^\circ} = -5,42 + 8,03 * D_v$	0,20
Potência	$f_s = 6,52 * D_{apa}^{0,60}$	0,33	$f_s = 3,67 * D_v^{2,60}$	0,27
Linear	$f_s = 2,32 + 4,19 * D_{apa}$	0,31	$f_s = -8,92 + 12,36 * D_v$	0,27
Potência	$f_{v0^\circ} = 16,88 * D_{apa}^{0,96}$	0,66	$f_{v0^\circ} = 6,37 * D_v^{4,44}$	0,46
Linear	$f_{v0^\circ} = 0,24 + 16,70 * D_{apa}$	0,65	$f_{v0^\circ} = -58,13 + 60,44 * D_v$	0,49

As propriedades f_{t90° e f_{c90° foram as únicas que apresentaram aumento na precisão, em especial a tração perpendicular às fibras na correlação com a densidade verde, que passou de 0,17(Tabela 5), para 0,21 (Tabela 7). Esse resultado chama atenção para a possibilidade de obter uma outra variável a ser introduzida nos modelos, possibilitando melhoras no ajuste e resultados com maior precisão.

Estudando os valores observados por autores que pesquisam este tema e assuntos relacionados, existe sempre disparidades entre os dados encontrados em bancos de dados, na literatura e os observados por alguns autores, como observado por Miranda et al. (2012) que encontrou para a madeira de *Parkia gigantocarpa* valores superiores aos encontrados pelo IBAMA para suas propriedades, assim como Duarte (2017) entre outros autores.

6. CONCLUSÕES

Foi possível ajustar ambos os modelos de regressão potência e linear para as estimativas das propriedades mecânicas das 269 espécies de madeiras da Amazônia. Entretanto, observou-se que as equações ajustadas através do modelo potência sempre apresentaram precisão superior ao linear. Por outro lado, comparando a densidade verde e aparente como estimadoras observou-se que a densidade aparente, apresentou resultados superiores a densidade verde, conseguindo estimar para algumas relações mais de 80% da propriedade, contudo, a densidade verde também se mostrou como boa estimadora das propriedades da madeira aqui estudadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, H.J.B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. 2007. FLORESTA, Curitiba, PR v. 37, n. 3 set/dez, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ANBT. NBR 7190 – Projeto de Estruturas de madeira. Rio de Janeiro. 1997

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB. LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS – LPF. Banco De Dados De Madeiras Brasileiras, [online]. Brasília 2021 <https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/madeiras-brasileiras> . Acesso em: 6 de março de 2021.

DUARTE, B.B. Influência de componentes químicos em propriedades mecânicas da madeira. 129p. Tese (Doutorado em Ciências). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2017

DIAS, F. M. A densidade aparente como estimador de propriedades de resistência e rigidez da madeira. 2000. 145f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

DIAS, F.M.; LAHR, F.A.R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. Scientia Forestalis n.65, p102-113, jun. 2004.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. 2010. Wood handbook Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 508 p, cap 5. 2010.

HUMPHREYS, R.D.; CHIMELO, J.P. (1992). Comparação entre propriedades físicas, mecânicas e estereológicas para agrupamentos de madeiras. In: Congresso Nacional Sobre Essências Nativas, 2. Anais, p.480-90.

HELLMEISTER, J.C Sobre a determinação das características físicas da madeira. São Carlos, 1982. 119p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

LAHR, F.A.R. *et al.* Influência da densidade na dureza paralela e na dureza normal às fibras para algumas espécies tropicais brasileiras. *Scientia Forestalis Piracicabana*, v. 38, n. 86, p. 153-158, jun. 2010.

LOBÃO, M.S. *et al.* Caracterização das propriedades físicas-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. *R. Árvore*, Viçosa-MG, n.6 p889-894, 2004

MELO, J.E. Madeira caracterização e aplicações. Laboratório de Produtos Florestais - LPF, Brasília-DF, p. 34, 2002.

MIRANDA, M.C., *et al.* Propriedades Físicas e mecânicas da madeira de *Parkia gigantocarpa* Ducke. *Ciência da Madeira (Braz. J. Wood Sci.)*, Pelotas, v. 03, n. 02, p. 55-65. 2012 ISSN: 2177-6830

NASCIMENTO, C. C. Variabilidade da densidade básica e de propriedades mecânicas de madeiras da Amazônia. 1993. 129p. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicabana, 1993.

OLIVEIRA, C.S.A Dimensionamento de Elementos de Madeira pelo Método da Densidade Básica. 2017. Monografia de projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 135p. 2017.

PIGOZZO, J.C. Influência da Umidade e da Densidade na Resistência à Compressão da Madeira. 1982. Dissertação (Mestre em Engenharia de Estruturas.) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1982.

ROCHA, J. S. A segurança de estruturas de madeira determinada a partir da variabilidade da densidade básica e de propriedades mecânicas de madeiras da Amazônia. 1994. 141p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de madeiras) – Universidade de São Paulo, Piracicabana, 1994.

SHIMOYAMA, V.R.S.; BARRICHELLO, L.E.G. Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica de madeira *de Eucalyptus spp.* In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24., 1991, São Paulo. **Anais...** São Paulo, ABTCP, 1991. P.178-183.

SHIMOYAMA, V.R. Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus sp.* 1990. 93p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.

APÊNDICE

Resultados das análises de regressão obtidas por meio do software CurveExpert.

D(v)(g/cm) ³		f _m (s)Mpa	
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1,00	indep. variables:	1,00
Parameters:		Parameters:	
a =	-219,56	a =	75,31
b =	296,90	b =	3,28
Standard Error:		Standard Error:	
Coefficient of Det. (r ²):	24,04 0,58	Coefficient of Det. (r ²):	22,89 0,62
Corr. Coefficient (r):	0,76	Corr. Coefficient (r):	0,79
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,58	-0,51	0,0107	-0,0007
-0,51	0,45	-0,0007	0,0001
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	18,37	a_stddev =	2,37
b_stddev =	16,04	b_stddev =	0,17
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	36,17	a_unc =	4,66
b_unc =	31,59	b_unc =	0,34

D(v)(g/cm) ³		Em (S)Mpa	
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1,00	indep. variables:	1,00
Parameters:		Parameters:	
a =	-12435,42	a =	10161,83
b =	22697,96	b =	2,07

Standard Error:	1974,09	Standard Error:	1943,41
Coefficient of Det. (r ²):	0,55	Coefficient of Det. (r ²):	0,56
Corr. Coefficient (r):	0,74	Corr. Coefficient (r):	0,75

Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,59	-0,51	0,01	0,00
-0,51	0,45	0,00	0,00

Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	1512,85	a_stddev =	214,87
b_stddev =	1321,47	b_stddev =	0,12

Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	2979,80	a_unc =	423,22
b_unc =	2602,84	b_unc =	0,24

D(v)(g/cm) ³	fc0°(s)Mpa		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1

Parameters:		Parameters:	
a =	-106,0064424	a =	41,96762836
b =	149,220775	b =	3,054301929

Standard Error:	12,90789888	Standard Error:	12,36135516
Coefficient of Det. (r ²):	0,547149139	Coefficient of Det. (r ²):	0,5846863
Corr. Coefficient (r):	0,739695302	Corr. Coefficient (r):	0,764647828

Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,582664467	-0,507011943	0,010971276	-0,001355343
-0,507011943	0,444219483	-0,001355343	0,000196305

Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	9,852916941	a_stddev =	1,294776058
b_stddev =	8,603087815	b_stddev =	0,173193498

Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
--------------------------	--	--------------------------	--

a_unc =	19,40568317	a_unc =	2,550109182
b_unc =	16,94409863	b_unc =	0,34111098

D(v)(g/cm) ³	fc90°(s)Mpa		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	-37,04305892	a =	4,252272535
b =	41,55014096	b =	5,995061312
Standard Error:		Standard Error:	
Coefficient of Det. (r^2):	3,341836087 0,578391007	Coefficient of Det. (r^2):	2,897066577 0,683147945
Corr. Coefficient (r):	0,760520221	Corr. Coefficient (r):	0,826527643
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,611287199	-0,531723348	0,006810985	-0,00781433
-0,531723348	0,465637214	-0,00781433	0,009811542
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	2,612809792	a_stddev =	0,239091122
b_stddev =	2,280389253	b_stddev =	0,286963796
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	5,146752272	a_unc =	0,47096531
b_unc =	4,491945262	b_unc =	0,565265628

D(v)(g/cm) ³	Dj0° (s)Mpa		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1,00	indep. variables:	1,00
Parameters:		Parameters:	
a =	-285,33	a =	42,31

b =	327,86	b =	5,09
Standard Error:	26,59	Standard Error:	24,44
Coefficient of Det. (r ²):	0,57	Coefficient of Det. (r ²):	0,63
Corr. Coefficient (r):	0,75	Corr. Coefficient (r):	0,80
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,63	-0,55	0,01	0,00
-0,55	0,48	0,00	0,00
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	21,18	a_stddev =	2,22
b_stddev =	18,46	b_stddev =	0,27
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	41,71	a_unc =	4,37
b_unc =	36,36	b_unc =	0,54

D(v)(g/cm) ³	Dj90°(s)Mpa		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	-322,5750024	a =	29,03020309
b =	350,3972304	b =	6,54065614
Standard Error:	26,36511002	Standard Error:	22,80656164
Coefficient of Det. (r ²):	0,604028121	Coefficient of Det. (r ²):	0,703704675
Corr. Coefficient (r):	0,777192461	Corr. Coefficient (r):	0,838871072
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,635367007	-0,551854397	0,006076695	-0,001005993
-0,551854397	0,482456429	-0,001005993	0,000180637
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	21,01560599	a_stddev =	1,777843594
b_stddev =	18,3129638	b_stddev =	0,306523028

Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	41,39859255	a_unc =	3,502169891
b_unc =	36,07466409	b_unc =	0,603818988

D(v)(g/cm) ³	f _t 90°(s)Mpa		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression	kind:	Regression
	Linear		Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	-1,545245362	a =	3,454659668
b =	5,018675744	b =	1,429365736
Standard Error:	1,08364084	Standard Error:	1,082390312
Coefficient of Det. (r ²):	0,163075047	Coefficient of Det. (r ²):	0,165005565
Corr. Coefficient (r):	0,403825516	Corr. Coefficient (r):	0,406208771
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,61163145	-0,533409862	0,013059715	-0,020313156
-0,533409862	0,468423512	-0,020313156	0,040449098
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	0,847481582	a_stddev =	0,123694602
b_stddev =	0,741659745	b_stddev =	0,217689918
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	1,669631993	a_unc =	0,24369198
b_unc =	1,461151326	b_unc =	0,428873098

D(v)(g/cm) ³	f _c (s)Mpa		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression	kind:	Regression
	Linear		Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1

Parameters:		Parameters:	
a =	-5,309660741	a =	4,251202875
b =	9,572470393	b =	2,046405111
Standard Error:	1,257230671	Standard Error:	1,251031026
Coefficient of Det. (r ²):	0,298161165	Coefficient of Det. (r ²):	0,305065902
Corr. Coefficient (r):	0,546041358	Corr. Coefficient (r):	0,552327712
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
1,000446572	-0,859053434	0,020703588	-0,025502061
-0,859053434	0,741628864	-0,025502061	0,036431074
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	1,257511362	a_stddev =	0,180007621
b_stddev =	1,082700356	b_stddev =	0,238783364
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	2,480995148	a_unc =	0,355144333
b_unc =	2,136103427	b_unc =	0,471105381

D(v)(g/cm) ³	f _v (s)Mpa		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression	kind:	Regression
	Linear		Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x ^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax ^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1

Parameters:		Parameters:	
a =	-22,30068704	a =	8,557460475
b =	31,13294049	b =	3,11362717
Standard Error:	2,948051691	Standard Error:	2,837497445
Coefficient of Det. (r ²):	0,502168338	Coefficient of Det. (r ²):	0,538806387
Corr. Coefficient (r):	0,708638369	Corr. Coefficient (r):	0,734034323
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,590063325	-0,513209169	0,011085668	-0,006702155
-0,513209169	0,449436329	-0,006702155	0,004734018
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	2,26456299	a_stddev =	0,298755841

b_stddev = 1,976374225 b_stddev = 0,19523174

Par. Uncertainties, 95%:

a_unc = 4,460405951

b_unc = 3,892773746

Par. Uncertainties, 95%:

a_unc = 0,58844569

b_unc = 0,384539013

D(12%)(g/cm³)

f/m(s)Mpa

name:

Linear

name:

Power

kind:

Regression

kind:

Regression

Linear

Power Law

family:

Regressions

family:

Family

equation:

$a + b \cdot x$

equation:

$a \cdot x^b$

latexequation:

$a + bx$

latexequation:

ax^b

indep. variables:

1

indep. variables:

1

Parameters:

a = -17,61314082

b = 179,596085

Parameters:

a = 162,219534

b = 1,153898285

Standard Error: 13,24486917

Coefficient of Det.

(r²): 0,882610287

Corr. Coefficient (r): 0,93947341

Standard Error: 13,303289

Coefficient of Det.

(r²): 0,88157245

Corr. Coefficient (r): 0,938920896

Covariance matrix:

0,117296436 -0,146311301

-0,146311301 0,195636294

Covariance matrix:

0,021987393 0,000286442

0,000286442 1,01347E-05

Par. Standard Deviations:

a_stddev = 4,536177924

b_stddev = 5,858310502

Par. Standard Deviations:

a_stddev = 1,972631193

b_stddev = 0,042351128

Par. Uncertainties, 95%:

a_unc = 8,977659094

b_unc = 11,59432355

Par. Uncertainties, 95%:

a_unc = 3,904081954

b_unc = 0,083818138

D(12%)(g/cm³)

Em (S)Mpa

name:

Linear

name:

Power

kind:

Regression

kind:

Regression

Linear

Power Law

family:

Regressions

family:

Family

equation:

$a + b \cdot x$

equation:

$a \cdot x^b$

latexequation:

$a + bx$

latexequation:

ax^b

indep. variables:

1

indep. variables:

1

Parameters:		Parameters:	
a =	3426,665663	a =	16462,22107
b =	13105,08505	b =	0,726833333
Standard Error:	1279,940866	Standard Error:	1271,370814
Coefficient of Det. (r ²):	0,811858532	Coefficient of Det. (r ²):	0,814369561
Corr. Coefficient (r):	0,901031926	Corr. Coefficient (r):	0,902424269
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,118273881	-0,147582818	0,021307926	2,54569E-06
-0,147582818	0,197514478	2,54569E-06	6,91121E-10
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	440,1840788	a_stddev =	185,5849833
b_stddev =	568,8390114	b_stddev =	0,033423287
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	871,3173941	a_unc =	367,3540954
b_unc =	1125,981945	b_unc =	0,066159347

D(12%)(g/cm ³)	<i>f</i> c0°(s)Mpa		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	-5,107080212	a =	86,9551768
b =	91,78799331	b =	1,09480902
Standard Error:	9,256907195	Standard Error:	9,236636357
Coefficient of Det. (r ²):	0,801916482	Coefficient of Det. (r ²):	0,802783061
Corr. Coefficient (r):	0,895497896	Corr. Coefficient (r):	0,895981619
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,114994169	-0,143732358	0,021847702	0,000523276
-0,143732358	0,192747426	0,000523276	3,30711E-05
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	3,13909037	a_stddev =	1,365264282

b_stddev = 4,064060866 b_stddev = 0,053117559

Par. Uncertainties, 95%:

a_unc = 6,21216756
b_unc = 8,042656979

Par. Uncertainties, 95%:

a_unc = 2,701817878
b_unc = 0,105118087

D(12%)(g/cm) ³	<i>f</i> c90°(s)Mpa		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	-8,192387783	a =	17,50842821
b =	25,23639792	b =	1,927470517
Standard Error:	2,306929605	Standard Error:	2,153135727
Coefficient of Det. (r ²):	0,832346023	Coefficient of Det. (r ²):	0,853954564
Corr. Coefficient (r):	0,912329997	Corr. Coefficient (r):	0,92409662
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,115414539	-0,144542982	0,022970568	0,002877778
-0,144542982	0,194390177	0,002877778	0,001533791
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	0,78372663	a_stddev =	0,326330204
b_stddev =	1,017118375	b_stddev =	0,084324642
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	1,551214535	a_unc =	0,645898885
b_unc =	2,013162176	b_unc =	0,166902087

D(12%)(g/cm) ³	Dj0° (s)		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1

Parameters:		Parameters:	
a =	-61,29322374	a =	144,4712278
b =	204,1181806	b =	1,709301418
Standard Error:	19,3090848	Standard Error:	19,27637818
Coefficient of Det. (r ²):	0,814199	Coefficient of Det. (r ²):	0,814827904
Corr. Coefficient (r):	0,902329762	Corr. Coefficient (r):	0,902678184
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,130436255	-0,162442911	0,024072367	0,00037928
-0,162442911	0,216110303	0,00037928	2,1013E-05
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	6,97366129	a_stddev =	2,990782525
b_stddev =	8,97634272	b_stddev =	0,088362817
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	13,80974793	a_unc =	5,922563637
b_unc =	17,77560239	b_unc =	0,174982434

D(12%)(g/cm ³)	Dj90°(s)MPa		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1

Parameters:		Parameters:	
a =	-81,8577727	a =	136,4679432
b =	215,4115966	b =	2,121417002
Standard Error:	18,08673968	Standard Error:	17,41259464
Coefficient of Det. (r ²):	0,845626248	Coefficient of Det. (r ²):	0,856919693
Corr. Coefficient (r):	0,919579386	Corr. Coefficient (r):	0,925699569
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,132899766	-0,165335382	0,02405915	0,000402298
-0,165335382	0,219447471	0,000402298	3,07647E-05
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	

a_stddev =	6,59359695	a_stddev =	2,700869703
b_stddev =	8,472773147	b_stddev =	0,096580576

Par. Uncertainties, 95%:

a_unc =	13,05711706
b_unc =	16,77839754

Par. Uncertainties, 95%:

a_unc =	5,348457322
b_unc =	0,191255834

D(12%)(g/cm) ³	<i>f</i> t90°(s)Mpa		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	1,166600985	a =	5,045197188
b =	3,910689851	b =	0,691059008
Standard Error:	0,989966899	Standard Error:	0,983343211
Coefficient of Det. (r ²):	0,392523978	Coefficient of Det. (r ²):	0,400625806
Corr. Coefficient (r):	0,626517341	Corr. Coefficient (r):	0,632950082
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,12384591	-0,156237587	0,023861092	0,009086647
-0,156237587	0,211847576	0,009086647	0,00751534
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	0,348386653	a_stddev =	0,151897379
b_stddev =	0,4556511	b_stddev =	0,085247066
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	0,690151276	a_unc =	0,300907538
b_unc =	0,902641319	b_unc =	0,168873781

D(12%)(g/cm) ³	<i>f</i> fc(s)		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family

equation:	$a + b \cdot x$	equation:	$a \cdot x^b$
latexequation:	$a + bx$	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	1,355516409	a =	6,919540157
b =	5,611878554	b =	0,72988254
Standard Error:	0,971406405	Standard Error:	0,960218091
Coefficient of Det. (r^2):	0,576027198	Coefficient of Det. (r^2):	0,585737291
Corr. Coefficient (r):	0,758964556	Corr. Coefficient (r):	0,765334758
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,125758062	-0,159523369	0,025014557	0,007040608
-0,159523369	0,217385798	0,007040608	0,004241101
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	0,344483861	a_stddev =	0,151868006
b_stddev =	0,452914835	b_stddev =	0,062532989
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	0,682484661	a_unc =	0,30087791
b_unc =	0,897305976	b_unc =	0,123889129

D(12%)(g/cm) ³	f_v (s)Mpa		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	$a + b \cdot x$	equation:	$a \cdot x^b$
latexequation:	$a + bx$	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	0,643077789	a =	17,37797982
b =	16,76867345	b =	0,942418436
Standard Error:	1,933431895	Standard Error:	1,931451672
Coefficient of Det. (r^2):	0,758940784	Coefficient of Det. (r^2):	0,759434318
Corr. Coefficient (r):	0,871172075	Corr. Coefficient (r):	0,871455287
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,116541552	-0,145202205	0,021597498	0,002514954

-0,145202205 0,194245244 0,002514954 0,000739271

Par. Standard Deviations:

a_stddev = 0,660038513
b_stddev = 0,852126508

Par. Standard Deviations:

a_stddev = 0,28384782
b_stddev = 0,052515268

Par. Uncertainties, 95%:

a_unc = 1,306505767
b_unc = 1,686732174

Par. Uncertainties, 95%:

a_unc = 0,561859355
b_unc = 0,103950754

Deste ponto em diante estão os resultados do CurveExpert referente a família *Fabaceae*.

$D(v)(g/cm)^3$	$f_m(s)MPa$	<i>Fabaceae</i>	
name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	$a \cdot x^b$	equation:	$a + b \cdot x$
latexequation:	ax^b	latexequation:	$a + bx$
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	58,75466381	a =	-384,1498565
b =	4,362826814	b =	430,0533992
Standard Error:	21,04348486	Standard Error:	21,88806841
Coefficient of Det.(r^2):	0,566950847	Coefficient of Det.(r^2):	0,531492287
Correlation Coef. (r):	0,752961385	Correlation Coef. (r):	0,729035175
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,180934654	-0,015206025	19,56523493	-16,30369026
-0,015206025	0,001331125	-16,30369026	13,61161525
Par. Standard Deviations:		Par. tandard Deviations:	
a_stddev =	8,951143908	a_stddev =	96,81663208
b_stddev =	0,76776292	b_stddev =	80,75367018
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	18,43522597	a_unc =	199,3975863
b_unc =	1,581237333	b_unc =	166,315297

$D(v)(g/cm)^3$ $Em(s)MPa$

name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	$a*x^b$	equation:	$a + b*x$
latexequation:	ax^b	latexequation:	$a + bx$
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	8183,941209	a =	-26492,83418
b =	3,04970204	b =	34037,46929
Standard Error:		Standard Error:	
Coefficient of Det. (r ²):	2031,016422	Coefficient of Det. (r ²):	2057,59752
Correlation Coef. (r):	0,459954586	Correlation Coef. (r):	0,445726305
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,280434143	-0,000172425	19,56523493	-16,30369026
-0,000172425	1,10747E-07	-16,30369026	13,61161525
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	1075,545727	a_stddev =	9101,290177
b_stddev =	0,675894169	b_stddev =	7591,284362
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	2215,127889	a_unc =	18744,458
b_unc =	1,392030099	b_unc =	15634,54281

$D(v)(g/cm)^3$		$f_{c0}(s)Mpa$	
name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	$a*x^b$	equation:	$a + b*x$
latexequation:	ax^b	latexequation:	$a + bx$
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	35,54192331	a =	-188,006441
b =	3,860445096	b =	217,1413947
Standard Error:		Standard Error:	
Coefficient of Det. (r ²):	15,42219481	Coefficient of Det. (r ²):	15,56234294
Correlation Coef. (r):	0,375320482	Correlation Coef. (r):	0,36391543
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,280434143	-0,000172425	19,56523493	-16,30369026
-0,000172425	1,10747E-07	-16,30369026	13,61161525
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	1075,545727	a_stddev =	9101,290177
b_stddev =	0,675894169	b_stddev =	7591,284362
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	2215,127889	a_unc =	18744,458
b_unc =	1,392030099	b_unc =	15634,54281

Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,215018918	-0,030092046	19,56523493	-16,30369026
-0,030092046	0,004390717	-16,30369026	13,61161525
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	7,151292148	a_stddev =	68,83629943
b_stddev =	1,02191293	b_stddev =	57,4155876
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	14,72836188	a_unc =	141,7710125
b_unc =	2,104669078	b_unc =	118,2496162

D(v)(g/cm) ³	<i>f</i> c90°(s)Mpa		
name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	a*x^b	equation:	a + b*x
latexequation:	ax^b	latexequation:	a + bx
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	2,901455357	a =	-76,1911571
b =	8,087749804	b =	74,61753988
Standard Error:		Standard Error:	
Coefficient of Det. (r ²):	2,542457995	Coefficient of Det. (r ²):	3,084364949
Correlation Coef. (r):	0,750181428	Correlation Coef. (r):	0,632338067
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,044067329	-0,070923521	19,56523493	-16,30369026
-0,070923521	0,118519114	-16,30369026	13,61161525
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	0,533718372	a_stddev =	13,64295016
b_stddev =	0,875281973	b_stddev =	11,37943217
Parameter Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	1,099213563	a_unc =	28,09818183
b_unc =	1,802676968	b_unc =	23,43637926

D(v)(g/cm) ³	<i>f</i> H0° (s)Mpa
-------------------------	---------------------

name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	$a*x^b$	equation:	$a + b*x$
latexequation:	ax^b	latexequation:	$a + bx$
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	39,844682	a =	-341,3227467
b =	4,892012163	b =	366,8271596
Standard Error:		Standard Error:	
Coefficient of Det. (r ²):	26,83589068 0,366942408	Coefficient of Det. (r ²):	27,2426984 0,347603777
Correlation Coef. (r):	0,605757714	Correlation Coef. (r):	0,589579322
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,149938834	-0,018439419	19,56523493	-16,30369026
-0,018439419	0,002360217	-16,30369026	13,61161525
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	10,39137645	a_stddev =	120,5015563
b_stddev =	1,303743104	b_stddev =	100,5090006
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	21,40144042	a_unc =	248,1776009
b_unc =	2,685109186	b_unc =	207,0021617

$D(v)(g/cm)^3$	$fH90^\circ(s)Mpa$		
name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	$a*x^b$	equation:	$a + b*x$
latexequation:	ax^b	latexequation:	$a + bx$
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	25,04697346	a =	-483,7008493
b =	6,923661936	b =	479,4524916
Standard Error:		Standard Error:	
Coefficient of Det. (r ²):	26,05613106 0,518593742	Coefficient of Det. (r ²):	27,10652945 0,478997623
Correlation Coef. (r):	0,720134531	Correlation Coef. (r):	0,692096541

Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,069796516	-0,013245998	19,56523493	-16,30369026
-0,013245998	0,002611722	-16,30369026	13,61161525
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	6,883777149	a_stddev =	119,8992455
b_stddev =	1,331598748	b_stddev =	100,0066199
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	14,17740443	a_unc =	246,9371186
b_unc =	2,742478959	b_unc =	205,9674893

<u>D(v)(g/cm)³</u>		<u>ft90°(s)Mpa</u>	
name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	a*x^b	equation:	a + b*x
latexequation:	ax^b	latexequation:	a + bx
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	2,702460252	a =	-5,420826926
b =	2,416681366	b =	8,027457433
Standard Error:		Standard Error:	
Coefficient of Det. (r ²):	0,888045924	Coefficient of Det. (r ²):	0,890777939
Correlation Coef. (r):	0,208470694	Correlation Coef. (r):	0,203593028
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,340779218	-0,640751408	19,79712707	-16,51933702
-0,640751408	1,266227794	-16,51933702	13,8121547
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	0,518408336	a_stddev =	3,963424028
b_stddev =	0,999289551	b_stddev =	3,310550137
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	1,072409349	a_unc =	8,198967278
b_unc =	2,067187935	b_unc =	6,848394735

<u>D(v)(g/cm)³</u>	<u>fs(s)Mpa</u>
-------------------------------	-----------------

name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	$a \cdot x^b$	equation:	$a + b \cdot x$
latexequation:	ax^b	latexequation:	$a + bx$
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	3,670318688	a =	-8,916500513
b =	2,595886393	b =	12,36064184
Standard Error:		Standard Error:	
Coefficient of Det. (r^2):	1,174939706 0,267780219	Coefficient of Det. (r^2):	1,176600596 0,265708631
Correlation Coef. (r):	0,517474849	Correlation Coef. (r):	0,515469331
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,337670632	-0,461259027	19,94928373	-16,61275416
-0,461259027	0,661292019	-16,61275416	13,86321627
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	0,682750813	a_stddev =	5,255241972
b_stddev =	0,955459364	b_stddev =	4,380877032
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	1,415938524	a_unc =	10,89870479
b_unc =	1,981501443	b_unc =	9,08538289

$D(v)(g/cm)^3$	$f_v(s)Mpa$		
name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	$a \cdot x^b$	equation:	$a + b \cdot x$
latexequation:	ax^b	latexequation:	$a + bx$
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	6,367175559	a =	-58,1344521
b =	4,443856621	b =	60,44086906
Standard Error:		Standard Error:	
Coefficient of Det. (r^2):	2,607650013 0,464182432	Coefficient of Det. (r^2):	2,55024214 0,487514975
Correlation Coef. (r):	0,681309351	Correlation Coef. (r):	0,698222726

Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,212088135	-0,164158024	35,73921272	-29,63663891
-0,164158024	0,131437622	-29,63663891	24,60257381
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	1,200901781	a_stddev =	15,24592954
b_stddev =	0,945385961	b_stddev =	12,64945136
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	2,478539458	a_unc =	31,46605206
b_unc =	1,951180725	b_unc =	26,10718447

D(12%)(g/cm) ³	f _m (s)MPa		
name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	a*x ^b	equation:	a + b*x
latexequation:	ax ^b	latexequation:	a + bx
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	156,1980476	a =	-13,64574127
b =	1,098839359	b =	170,0972375
Standard Error:	12,27452609	Standard Error:	12,24692461
Coefficient of Det.(r ²):	0,852921301	Coefficient of Det.(r ²):	0,853582023
Corr. Coefficient (r):	0,923537385	Corr. Coefficient (r):	0,923895028
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,105051252	0,001528868	1,283061877	-1,505570058
0,001528868	7,42866E-05	-1,505570058	1,838302879
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	3,978371627	a_stddev =	13,8723758
b_stddev =	0,105793718	b_stddev =	16,60487376
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	8,358248636	a_unc =	29,14478006
b_unc =	0,222264353	b_unc =	34,88554525

D(12%)(g/cm) ³	Em(s)MPa
---------------------------	----------

name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	$a*x^b$	equation:	$a + b*x$
latexequation:	ax^b	latexequation:	$a + bx$
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	16319,9498	a =	2102,881732
b =	0,838852891	b =	14232,59329
Standard Error:		Standard Error:	
Coefficient of Det.(r ²):	1367,392726 0,767326826	Coefficient of Det.(r ²):	1383,55131 0,761795301
Corr. Coefficient (r):	0,875971932	Corr. Coefficient (r):	0,872808857
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,107921909	1,58735E-05	1,283061877	-1,505570058
1,58735E-05	6,36543E-09	-1,505570058	1,838302879
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	449,2086127	a_stddev =	1567,180685
b_stddev =	0,109095616	b_stddev =	1875,874602
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	943,752275	a_unc =	3292,524442
b_unc =	0,229201383	b_unc =	3941,066296

D(12%)(g/cm ³)	<i>f</i> c0°(s)Mpa		
name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	$a*x^b$	equation:	$a + b*x$
latexequation:	ax^b	latexequation:	$a + bx$
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	87,63815587	a =	-8,044268823
b =	1,106925413	b =	95,79708215
Standard Error:		Standard Error:	
Coefficient of Det.(r ²):	12,49067325 0,639916445	Coefficient of Det.(r ²):	12,48752105 0,640098166

Corr. Coefficient (r):	0,799947776	Corr. Coefficient (r):	0,800061352
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
	0,104955146		1,283061877
	0,002716556		-1,505570058
			1,838302879
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	4,046576141	a_stddev =	14,14490496
b_stddev =	0,192065155	b_stddev =	16,9310841
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	8,501541003	a_unc =	29,71734259
b_unc =	0,403513917	b_unc =	35,57088774

D(12%)(g/cm ³)	<i>f</i> c90°(s)Mpa		
name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression	kind:	Regression
	Power Law		Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	a*x^b	equation:	a + b*x
latexequation:	ax^b	latexequation:	a + bx
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	18,19335005	a =	-9,969377739
b =	1,818389096	b =	28,16221876
Standard Error:	2,284953905	Standard Error:	2,517920509
Coefficient of		Coefficient of	
Det.(r ²):	0,827738224	Det.(r ²):	0,790821008
Corr. Coefficient (r):	0,9098012	Corr. Coefficient (r):	0,889281175
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
	0,096528536		1,283061877
	0,008451244		-1,505570058
			1,838302879
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	0,709913286	a_stddev =	2,852107009
b_stddev =	0,182054114	b_stddev =	3,413898061
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	1,491472469	a_unc =	5,992054476
b_unc =	0,382481502	b_unc =	7,172333679

D(12%)(g/cm) ³	fH0° (s)Mpa		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	-42,91433289	a =	126,4448816
b =	170,5630551	b =	1,381982781
Standard Error:		Standard Error:	
Coefficient of Det.(r ²):	19,6813568 0,69416244	Coefficient of Det.(r ²):	19,91857478 0,686745534
Corr. Coefficient (r):	0,833164114	Corr. Coefficient (r):	0,828701113
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
1,283061877	-1,505570058	0,101611506	0,001661546
-1,505570058	1,838302879	0,001661546	0,00012087
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	22,29352971	a_stddev =	6,349356396
b_stddev =	26,68477642	b_stddev =	0,218986438
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	46,83696793	a_unc =	13,33950279
b_unc =	56,06263492	b_unc =	0,460073435

D(12%)(g/cm) ³	fH90°(s)Mpa		
name:	Linear	name:	Power
kind:	Regression Linear	kind:	Regression Power Law
family:	Regressions	family:	Family
equation:	a + b*x	equation:	a*x^b
latexequation:	a + bx	latexequation:	ax^b
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	-70,15367927	a =	118,1034636
b =	190,5801723	b =	1,685212196
Standard Error:		Standard Error:	
	15,72171206		16,4436108

Coefficient of Det.(r ²):	0,816205215	Coefficient of Det.(r ²):	0,798938978
Corr. Coefficient (r):	0,903440765	Corr. Coefficient (r):	0,893833865
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
1,283061877	-1,505570058	0,097988727	0,001459317
-1,505570058	1,838302879	0,001459317	0,000147101
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	17,8083482	a_stddev =	5,14736834
b_stddev =	21,31613056	b_stddev =	0,199436575
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	37,41395124	a_unc =	10,81421959
b_unc =	44,78352852	b_unc =	0,419000695

D(12%)(g/cm ³)	<i>f</i> t90°(s)Mpa		
name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	a*x ^b	equation:	a + b*x
latexequation:	ax ^b	latexequation:	a + bx
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	4,852239628	a =	1,221863196
b =	0,707767597	b =	3,626978982
Standard Error:	0,943490079	Standard Error:	0,947870242
Coefficient of Det.(r ²):	0,33090601	Coefficient of Det.(r ²):	0,324679036
Corr. Coefficient (r):	0,575244304	Corr. Coefficient (r):	0,569806139
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,123360117	0,058963958	1,300947466	-1,539632857
0,058963958	0,070524714	-1,539632857	1,903392268
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	0,331378802	a_stddev =	1,081132116
b_stddev =	0,250557845	b_stddev =	1,307714801
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	0,702491678	a_unc =	2,291897702
b_unc =	0,531158903	b_unc =	2,772231537

D(12%)(g/cm) ³	<i>f</i> s(s)Mpa		
name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	$a \cdot x^b$	equation:	$a + b \cdot x$
latexequation:	ax^b	latexequation:	$a + bx$
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	6,519049709	a =	2,319284845
b =	0,597938853	b =	4,192606988
Standard Error:	1,121430961	Standard Error:	1,136090647
Coefficient of Det.(r ²):	0,325342068	Coefficient of Det.(r ²):	0,307588112
Corr. Coefficient (r):	0,570387647	Corr. Coefficient (r):	0,554606267
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,117777842	0,043019768	1,342193504	-1,570134446
0,043019768	0,038854597	-1,570134446	1,916096273
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	0,384861384	a_stddev =	1,316195952
b_stddev =	0,221051641	b_stddev =	1,572612225
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	0,815869688	a_unc =	2,790210773
b_unc =	0,468608546	b_unc =	3,33378899

D(12%)(g/cm) ³	<i>f</i> v(s)Mpa		
name:	Power	name:	Linear
kind:	Regression Power Law	kind:	Regression Linear
family:	Family	family:	Regressions
equation:	$a \cdot x^b$	equation:	$a + b \cdot x$
latexequation:	ax^b	latexequation:	$a + bx$
indep. variables:	1	indep. variables:	1
Parameters:		Parameters:	
a =	16,87991849	a =	0,235941407
b =	0,958787266	b =	16,69735056

Standard Error:	2,009145332	Standard Error:	2,012383921
Coefficient of		Coefficient of	
Det.(r ²):	0,655628239	Det.(r ²):	0,654517142
Corr. Coefficient (r):	0,809708737	Corr. Coefficient (r):	0,809022337
Covariance matrix:		Covariance matrix:	
0,1073365	0,01558676	1,536463255	-1,780972954
0,01558676	0,006961217	-1,780972954	2,137617569
Par. Standard Deviations:		Par. Standard Deviations:	
a_stddev =	0,658241209	a_stddev =	2,494433486
b_stddev =	0,167630842	b_stddev =	2,942224746
Par. Uncertainties, 95%:		Par. Uncertainties, 95%:	
a_unc =	1,388767557	a_unc =	5,262794627
b_unc =	0,353670161	b_unc =	6,207551602

ANEXO 1.

Nome comum	Nome científico	Família
Castanha-de-cutia	<i>Acioa edulis</i>	<i>Chrysobalanaceae</i>
Anoerá-ferro	<i>Acioa sp.</i>	<i>Chrysobalanaceae</i>
Ingá-de-porco	<i>Albizia pedicellaris = Macrosamanea pedicellaris</i>	<i>Mimosaceae</i>
Seru	<i>Allantoma lineata</i>	<i>Lecythidaceae</i>
Cerejeira	<i>Acreana amburana</i>	<i>Fabaceae</i>
Cajuaçu	<i>Anacardium giganteum</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Cajuaçu	<i>Anacardium occidentale = microcarpum de anacardium</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Cajuaçu	<i>Salópio de Anacardium</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Cajuí	<i>Anacardium parvifolium = Anacardium tenuifolium</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Cajuaçu	<i>Abeto de anacardium</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Louro	<i>Anaueria brasiliensis = Beilschmiedia brasiliensis</i>	<i>Lauraceae</i>
Angelim-tinto	<i>Andira SP.</i>	<i>Fabaceae</i>
Andirá-uxi	<i>Andira surinamensis = Andira retusa</i>	<i>Fabaceae</i>
Casca-preciosa	<i>Canelilla aniba</i>	<i>Lauraceae</i>
Embira	<i>Annona exsucca = Rollinia exsucca</i>	<i>Annonaceae</i>
PAU-de-jangada	<i>Apeiba echinata</i>	<i>Tiliaceae</i>
Garapa	<i>Apuleia leiocarpa = Apuleia molaris</i>	<i>Fabaceae</i>
Araracanga	<i>Aspidosperma desmanthum</i>	<i>Apocynaceae</i>
Peroba	<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	<i>Apocynaceae</i>
Aroeira	<i>Graveolens de astronium = gárcil de astronium</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Muiracatiara-rajada	<i>Lecointei de Astronium</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Muiracatiara-rajada	<i>Lecointei de Astronium</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Muiracatiara	<i>Astronium ulei</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Tatajuba	<i>Bagassa guianensis</i>	<i>Moraceae</i>
Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i>	<i>Lecythidaceae</i>
Urucu-da-mata	<i>Bixa arborea</i>	<i>Bixaceae</i>
Sucupira	<i>Bowdichia nitida</i>	<i>Fabaceae</i>
Sucupira	<i>Bowdichia nitida</i>	<i>Fabaceae</i>
Sucupira	<i>Bowdichia nitida</i>	<i>Fabaceae</i>
Mururé	<i>Acutifolium brosimum</i>	<i>Moraceae</i>
Janitá	<i>Alicastrum brosimum</i>	<i>Moraceae</i>
Mururé	<i>Brosimum gaudichaudii</i>	<i>Moraceae</i>
Amapá-doce	<i>Parinarioides de Brosimum</i>	<i>Moraceae</i>
Amapá-doce	<i>Potabile brosimum</i>	<i>Moraceae</i>
Conduru	<i>Rubésceños de Brosimum</i>	<i>Moraceae</i>
Conduru	<i>Rubésceños de Brosimum</i>	<i>Moraceae</i>
Garrote	<i>Brosimum sp.</i>	<i>Moraceae</i>

Nome comum	Nome científico	Família
Garrote	<i>Brosimum utile</i>	Moraceae
Taniboca	<i>Buchenavia cf. viridiflora</i>	Combretaceae
Cuiarana	<i>Buchenavia grandis</i>	Combretaceae
Cuiarana	<i>Buchenavia grandis = Buchenavia huberi</i>	Combretaceae
Tanimbuca	<i>Buchenavia sp.</i>	Combretaceae
Tanimbuca	<i>Buchenavia tetraphylla = Buchenavia capitata</i>	Combretaceae
Jacareúba	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Calophyllaceae
Camaçari	<i>Caraipa densifolia</i>	Guttiferae
Camaçari	<i>Caraipa densifolia</i>	Guttiferae
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i>	Meliaceae
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i>	Meliaceae
Tauari-vermelho	<i>Micrantha cariniana</i>	Lecythidaceae
Pequiarana	<i>Caryocar glabrum</i>	Caryocaraceae
De mururerana	<i>Caryocar sp.</i>	Caryocaraceae
Pequiá	<i>Caryocar villosum</i>	Caryocaraceae
Canafístula	<i>Cássia fastuosa</i>	Caesalpiniaceae
Caucho	<i>Castilla Ulei</i>	Moraceae
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae
Cedro	<i>Cedrela sp.</i>	Meliaceae
Cedro	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	Mimosaceae
Sumaúma	<i>Pentandra ceiba</i>	Bombacaceae
Muirapixuna	<i>Chamaecrista scleroxylon = Cassia scleroxylon</i>	Caesalpiniaceae
Goiabão	<i>Chrysophyllum lucentifolium = Pouteria pachycarpa</i>	Sapotaceae
Goiabão	<i>Chrysophyllum lucentifolium = Pouteria pachycarpa</i>	Sapotaceae
Maçarandubarana	<i>Crisófilo prieurii</i>	Sapotaceae
Guariúba	<i>Clarisia racemosa</i>	Moraceae
Guariúba	<i>Clarisia racemosa</i>	Moraceae
Copaíba	<i>Copaifera duckei</i>	Caesalpiniaceae
Copaíba	<i>Copaifera multijuga</i>	Caesalpiniaceae
Copaíba	<i>Copaifera reticulata</i>	Caesalpiniaceae
Copaíba	<i>Copaifera sp.</i>	Caesalpiniaceae
Copaíba	<i>Copaifera sp.</i>	Caesalpiniaceae
Copaíba	<i>Copaifera sp.</i>	Caesalpiniaceae
Freijó	<i>Cordia bicolor</i>	Boraginaceae
Freijó	<i>Cordia goeldiana</i>	Boraginaceae
Freijó	<i>Cordia sagotii</i>	Boraginaceae
Frei-jorge	<i>Cordia SP.</i>	Boraginaceae
Castanha-de-cutia	<i>Couepia robusta</i>	Crisobalanaceae
Tauari	<i>Couratari guianensis</i>	Lecythidaceae
Tauari	<i>Couratari oblongifolia</i>	Lecythidaceae
Tauari	<i>Couratari oblongifolia</i>	Lecythidaceae
Tauari	<i>Couratari stellata</i>	Lecythidaceae

Nome comum	Nome científico	Família
Jataipeba	<i>Dialium guianense</i>	Caesalpiniaceae
Jataipeba	<i>Dialium guianense</i>	Caesalpiniaceae
Embira-preta	<i>Diclinanona calycina</i>	Annonaceae
Angélica	<i>Dicorynia paraensis</i>	Caesalpiniaceae
Angelim-vermelho	<i>Dinizia excelsa</i>	Mimosaceae
Abiurana-seca	<i>Diploon cuspidatum</i> = <i>Diploon venezuelana</i>	Sapotaceae
Sucupira	<i>Diploptropis purpurea</i>	Fabaceae
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>	Fabaceae
Pau-branco	<i>Drypetes variabilis</i>	Euphorbiaceae
Uxi	<i>Endopleura uchi</i>	Humiriaceae
Tamboril	<i>Enterolobium maximum</i>	Mimosaceae
Tamboril	<i>Enterolobium maximum</i>	Mimosaceae
Fava-orelha-de-negro	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Mimosaceae
Sumaúma-da-terra-firme	<i>Eriotheca longipedicellata</i>	Bombacaceae
Cedrinho	<i>Erisma uncinatum</i>	Vochysiaceae
Cedrinho	<i>Erisma uncinatum</i>	Vochysiaceae
Matamatá	<i>Eschweilera coriacea</i>	Lecythidaceae
Matamatá	<i>Eschweilera coriacea</i> = <i>Eschweilera odora</i>	Lecythidaceae
Matamatá	<i>Eschweilera grandiflora</i> = <i>Eschweilera cf. fracta</i>	Lecythidaceae
Matamatá	<i>Eschweilera pedicellata</i> = <i>Eschweilera longipes</i>	Lecythidaceae
Matamatá	<i>Eschweilera sp.</i>	Lecythidaceae
Matamatá	<i>Eschweilera sp.</i>	Lecythidaceae
Pau-amarelo	<i>Euxylophora paraensis</i>	Rutaceae
Pau-amarelo	<i>Euxylophora paraensis</i>	Rutaceae
Figueira / gameleira	<i>Ficus insipida</i>	Moraceae
Glícia	<i>Glycydendron amazonicum</i>	Euphorbiaceae
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i>	Goupiaceae
Cupiúba	<i>Goupia glabra</i>	Goupiaceae
Embira-preta	<i>Guatteria olivacea</i>	Annonaceae
Embira-preta	<i>Guatteria olivacea</i>	Annonaceae
Embira-preta	<i>Guatteria procera</i>	Annonaceae
Ipê-amarelo	<i>Handroanthus incanus</i> = <i>Tabebuia cf. incana</i>	Bignoniaceae
Ipê	<i>Handroanthus serratifolius</i> = <i>Tabebuia serratifolia</i>	Bignoniaceae
Açacu	<i>Hura crepitans</i>	Euphorbiaceae
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpiniaceae

Nome comum	Nome científico	Família
Jatobá / jutaí-do-campo	<i>Hymenaea parvifolia</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium modestum</i>	<i>Fabaceae</i>
Angelim-pedra	<i>Hymenolobium nitidum</i>	<i>Fabaceae</i>
Angelim	<i>Hymenolobium sp.</i>	<i>Fabaceae</i>
Ingá / ingá xixi	<i>Inga alba</i>	<i>Mimosaceae</i>
Ingá	<i>Inga paraensis</i>	<i>Mimosaceae</i>
Ingá	<i>Inga sp.</i>	<i>Mimosaceae</i>
Ucuubarana	<i>Iryanthera grandis</i>	<i>Myristicaceae</i>
Caroba / parapará	<i>Jacaranda copaia</i>	<i>Bignoniaceae</i>
Castanha-de-arara	<i>Joannesia heveoides</i>	<i>Euphorbiaceae</i>
Pau-jacaré	<i>Laetia procera</i>	<i>Flacourtiaceae</i>
Pau-jacaré	<i>Laetia procera</i>	<i>Flacourtiaceae</i>
Matamatá / sapucaia amargosa	<i>Lecythis idatimon</i>	<i>Lecythidaceae</i>
Sapucaia / sapucaia vermelha	<i>Lecythis pisonis subsp. usitata</i>	<i>Lecythidaceae</i>
Caraiperana	<i>Licania gracilipes</i>	<i>Chrysobalanaceae</i>
Macucu-branco	<i>Licania oblongifolia</i>	<i>Chrysobalanaceae</i>
Caraipé	<i>Licania octandra</i>	<i>Chrysobalanaceae</i>
Louro-amarelo	<i>Licaria chrysophylla = Licaria rigida</i>	<i>Lauraceae</i>
Açoita-cavalo	<i>Lueheopsis duckeana</i>	<i>Tiliaceae</i>
Açoita-cavalo	<i>Lueheopsis duckeana</i>	<i>Tiliaceae</i>
Amora / amoreira	<i>Maclura tinctoria</i>	<i>Moraceae</i>
Arapari	<i>Macrolobium acacifolium</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Ararapari	<i>Macrolobium sp.</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Sorva	<i>Malouetia duckei</i>	<i>Sapotaceae</i>
Maçaranduba	<i>Manilkara bidentata = Manilkara amazonica</i>	<i>Sapotaceae</i>
Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i>	<i>Sapotaceae</i>
Maçaranduba	<i>Manilkara sp.</i>	<i>Sapotaceae</i>
Muiratinga	<i>Maquira sclerophylla</i>	<i>Moraceae</i>
Itaúba / itaúba-vermelha	<i>Mezilaurus itauba</i>	<i>Lauraceae</i>
Itaúba / itaúba-vermelha	<i>Mezilaurus itauba</i>	<i>Lauraceae</i>
Itaúba	<i>Mezilaurus lindaviana</i>	<i>Lauraceae</i>
Cauchorana	<i>Micrandra minor</i>	<i>Euphorbiaceae</i>
Seringarana	<i>Micrandra rossiana</i>	<i>Euphorbiaceae</i>
Abiurana-mangabarana	<i>Micropholis guyanensis</i>	<i>Sapotaceae</i>
Abiurana-branca	<i>Micropholis mensalis</i>	<i>Sapotaceae</i>
Rosadinho	<i>Micropholis venulosa</i>	<i>Sapotaceae</i>
Miraúba	<i>Mouriri collocarpa</i>	<i>Melastomataceae</i>

Nome comum	Nome científico	Família
Cabreúva-parda	<i>Myrocarpus frondosus</i>	<i>Fabaceae</i>
Canela/louro-tamanco	<i>Nectandra cuspidata</i>	<i>Lauraceae</i>
Abacatirana	<i>Ocotea aciphylla</i> = <i>Ocotea costulata</i>	<i>Lauraceae</i>
Louro-mamorim	<i>Ocotea cymbarum</i> = <i>Ocotea barcellensis</i>	<i>Lauraceae</i>
Louro-preto	<i>Ocotea fragrantissima</i>	<i>Lauraceae</i>
Louro-preto	<i>Ocotea neesiana</i>	<i>Lauraceae</i>
Louro	<i>Ocotea sp.</i>	<i>Lauraceae</i>
Louro	<i>Ocotea sp.</i>	<i>Lauraceae</i>
Louro	<i>Ocotea sp.</i>	<i>Lauraceae</i>
Enbira-preta	<i>Onychopetalum amazonicum</i>	<i>Annonaceae</i>
Enbira-preta	<i>Onychopetalum amazonicum</i>	<i>Annonaceae</i>
Tento	<i>Ormosia coccinea</i>	<i>Fabaceae</i>
Tento	<i>Ormosia paraensis</i>	<i>Fabaceae</i>
Tento	<i>Ormosia paraensis</i>	<i>Fabaceae</i>
Ucuubarana	<i>Osteophloeum platyspermum</i>	<i>Myristicaceae</i>
Ucuubarana	<i>Osteophloeum platyspermum</i>	<i>Myristicaceae</i>
Amapá amargoso	<i>Parahancornia fasciculata</i> = <i>Parahancornia amapa</i>	<i>Apocynaceae</i>
Parinari / bafo-de-boi-mirim	<i>Parinari excelsa</i>	<i>Chrysobalanaceae</i>
Fava-bolota / visgueiro	<i>Parkia gigantocarpa</i>	<i>Mimosaceae</i>
Faveira	<i>Parkia multijuga</i>	<i>Mimosaceae</i>
Faveira	<i>Parkia nitida</i> = <i>Parkia oppositifolia</i>	<i>Mimosaceae</i>
Faveira	<i>Parkia nitida</i> = <i>Parkia oppositifolia</i>	<i>Mimosaceae</i>
Faveira / visgueiro	<i>Parkia paraensis</i>	<i>Mimosaceae</i>
Angelim-saia	<i>Parkia pendula</i>	<i>Mimosaceae</i>
Angelim-saia	<i>Parkia pendula</i>	<i>Mimosaceae</i>
Faveira	<i>Parkia sp.</i>	<i>Mimosaceae</i>
Roxinho	<i>Peltogyne cf. subsessilis</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Roxinho	<i>Peltogyne paniculata</i>	<i>Caesalpinaceae</i>
Angico	<i>Piptadenia gonoacantha</i> = <i>Piptadenia communis</i>	<i>Mimosaceae</i>
Rosadinho	<i>Pouteria anomala</i>	<i>Sapotaceae</i>
Rosadinho	<i>Pouteria anomala</i>	<i>Sapotaceae</i>
Abiurana	<i>Pouteria caimito</i>	<i>Sapotaceae</i>
Abiurana	<i>Pouteria caimito</i>	<i>Sapotaceae</i>
Abiu-pitomba	<i>Pouteria egregia</i>	<i>Sapotaceae</i>
Abiurana-branca	<i>Pouteria gongrijpii</i> = <i>Franchetella gongrijpii</i>	<i>Sapotaceae</i>
Abiurana	<i>Pouteria guianensis</i>	<i>Sapotaceae</i>
Tuturubá	<i>Pouteria oblanceolata</i>	<i>Sapotaceae</i>
Maragonçalo	<i>Pouteria obscura</i>	<i>Sapotaceae</i>
Abiu-branco	<i>Pouteria oppositifolia</i>	<i>Sapotaceae</i>

Nome comum	Nome científico	Família
Abiurana	<i>Pouteria sp.</i>	<i>Sapotaceae</i>
Abiurana	<i>Pouteria sp.</i>	<i>Sapotaceae</i>
Breu	<i>Protium heptaphyllum</i>	<i>Burseraceae</i>
Breu	<i>Protium sp.</i>	<i>Burseraceae</i>
Breu-preto	<i>Protium tenuifolium</i>	<i>Burseraceae</i>
Timborana	<i>Pseudopiptadenia suaveolens = Piptadenia suaveolens</i>	<i>Mimosaceae</i>
Timborana	<i>Pseudopiptadenia suaveolens = Piptadenia suaveolens</i>	<i>Mimosaceae</i>
Embira-de-preguiça	<i>Pterocarpus sp.</i>	<i>Fabaceae</i>
Mandioqueira	<i>Qualea brevipedicellata</i>	<i>Vochysiaceae</i>
Mandioqueira-escamosa	<i>Qualea dinizii</i>	<i>Vochysiaceae</i>
Mandioqueira-escamosa	<i>Qualea dinizii</i>	<i>Vochysiaceae</i>
Gogó-de-guariba	<i>Rauvolfia paraensis</i>	<i>Apocynaceae</i>
Louro-faia	<i>Roupala montana</i>	<i>Proteaceae</i>
Mandioqueira	<i>Ruizterania albiflora = Qualea albiflora</i>	<i>Vochysiaceae</i>
Leiteiro	<i>Sapium glandulosum = Sapium aereum</i>	<i>Euphorbiaceae</i>
Burra-leiteira	<i>Sapium marmieri</i>	<i>Euphorbiaceae</i>
Morototó	<i>Schefflera morototoni</i>	<i>Araliaceae</i>
Pinho-cuiabano	<i>Schizolobium parahyba = Schizolobium amazonicum</i>	<i>Caesalpiniaceae</i>
Monjoleiro	<i>Senegalia polyphylla = Acacia polyphylla</i>	<i>Mimosaceae</i>
Louro-vermelho	<i>Sextonia rubra = Nectandra rubra</i>	<i>Lauraceae</i>
Marupá	<i>Simarouba amara</i>	<i>Simaroubaceae</i>
Marupá	<i>Simarouba amara</i>	<i>Simaroubaceae</i>
Urucurana	<i>Sloanea nitida</i>	<i>Elaeocarpaceae</i>
Urucurana	<i>Sloanea sp.</i>	<i>Elaeocarpaceae</i>
Cajá	<i>Spondias mombin = Spondias lutea</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Cajá	<i>Spondias mombin = Spondias lutea</i>	<i>Anacardiaceae</i>
Axixá	<i>Sterculia apeibophylla</i>	<i>Sterculiaceae</i>
Xixá	<i>Sterculia excelsa = Sterculia pilosa</i>	<i>Sterculiaceae</i>
Xixá	<i>Sterculia excelsa = Sterculia speciosa</i>	<i>Sterculiaceae</i>
Xixá	<i>Sterculia excelsa = Sterculia speciosa</i>	<i>Sterculiaceae</i>
Fava-branca	<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i>	<i>Mimosaceae</i>
Urucurana	<i>Swartzia recurva</i>	<i>Fabaceae</i>
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i>	<i>Meliaceae</i>
Anani	<i>Symphonia globulifera</i>	<i>Guttiferae</i>
Ipê	<i>Tabebuia sp.</i>	<i>Bignoniaceae</i>
Taxi-branco	<i>Tachigali cavipes</i>	<i>Caesalpiniaceae</i>
Taxi-pitomba	<i>Tachigali chrysophylla = Sclerolobium chrysophyllum</i>	<i>Caesalpiniaceae</i>
Taxi-pitomba	<i>Tachigali chrysophylla = Sclerolobium chrysophyllum</i>	<i>Caesalpiniaceae</i>

Nome comum	Nome científico	Família
Taxi	<i>Tachigali glauca</i> = <i>Tachigali cf. myrmecophila</i>	Caesalpiaceae
Taxi	<i>Tachigali glauca</i> = <i>Tachigali myrmecophila</i>	Caesalpiaceae
Taxi-preto / ziquita	<i>Tachigali multijuga</i>	Caesalpiaceae
Taxi-preto / taxiarana	<i>Tachigali paraensis</i> = <i>Sclerolobium paraense</i>	Caesalpiaceae
Taxi-pitomba	<i>Tachigali poeppigiana</i> = <i>Sclerolobium poeppigianum</i>	Caesalpiaceae
Pau-ponga	<i>Tachigali sp.</i>	Caesalpiaceae
Tatapiririca	<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae
Tanimbuca	<i>Terminalia amazonia</i>	Combretaceae
Cachaporra-do-gentio	<i>Terminalia cf. argentea</i>	Combretaceae
Breu-manga	<i>Tetragastris altissima</i>	Burseraceae
Barrote	<i>Tetragastris panamensis</i>	Burseraceae
Barrote	<i>Tetragastris panamensis</i>	Burseraceae
Amescla	<i>Trattinnickia burserifolia</i>	Burseraceae
Amescla	<i>Trattinnickia burserifolia</i>	Burseraceae
Pracuúba-da-terra-firme	<i>Trichilia lecointei</i>	Meliaceae
Uxirana	<i>Vantanea parviflora</i>	Humiriaceae
Faveira-amargosa	<i>Vatairea guianensis</i>	Fabaceae
Faveira-amargosa	<i>Vatairea paraensis</i>	Fabaceae
Angelim-amargoso	<i>Vatairea sericea</i>	Fabaceae
Angelim-amargoso	<i>Vatairea sericea</i>	Fabaceae
Faveira-amargosa	<i>Vataireopsis speciosa</i>	Fabaceae
Virola	<i>Virola michelii</i>	Myristicaceae
Ucuúba / virola	<i>Virola multicostata</i>	Myristicaceae
Virola / ucuúba-cheirosa	<i>Virola surinamensis</i>	Myristicaceae
Ucuúba-da-mata	<i>Virola surinamensis</i> = <i>Virola carinata</i>	Myristicaceae
Quaruba	<i>Vochysia ferruginea</i>	Vochysiaceae
Quaruba	<i>Vochysia guianensis</i>	Vochysiaceae
Quaruba	<i>Vochysia guianensis</i> = <i>Vochysia melinoni</i>	Vochysiaceae
Quaruba	<i>Vochysia maxima</i>	Vochysiaceae
Quaruba	<i>Vochysia maxima</i>	Vochysiaceae
Quaruba	<i>Vochysia obidensis</i>	Vochysiaceae
Embira-branca	<i>Xylopia nitida</i>	Annonaceae
Maminha-de-porca	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> = <i>Zanthoxylum regnelianum</i>	Rutaceae
Maria-preta	<i>Zizyphus cinnamomum</i> = <i>Zizyphus itacaiunensis</i>	Rhamnaceae
Pau-santo	<i>Zollernia paraensis</i>	Fabaceae

Angelim /
angelim-rajado

Zygia racemosa = Marmaroxylon racemosum

Mimosaceae

ANEXO 2.

Neste anexo contém os gráficos obtidos pelas regressões, correspondentes ao ajuste do modelo Potência, representando a relação entre as densidades verde e aparente as propriedades da madeira.

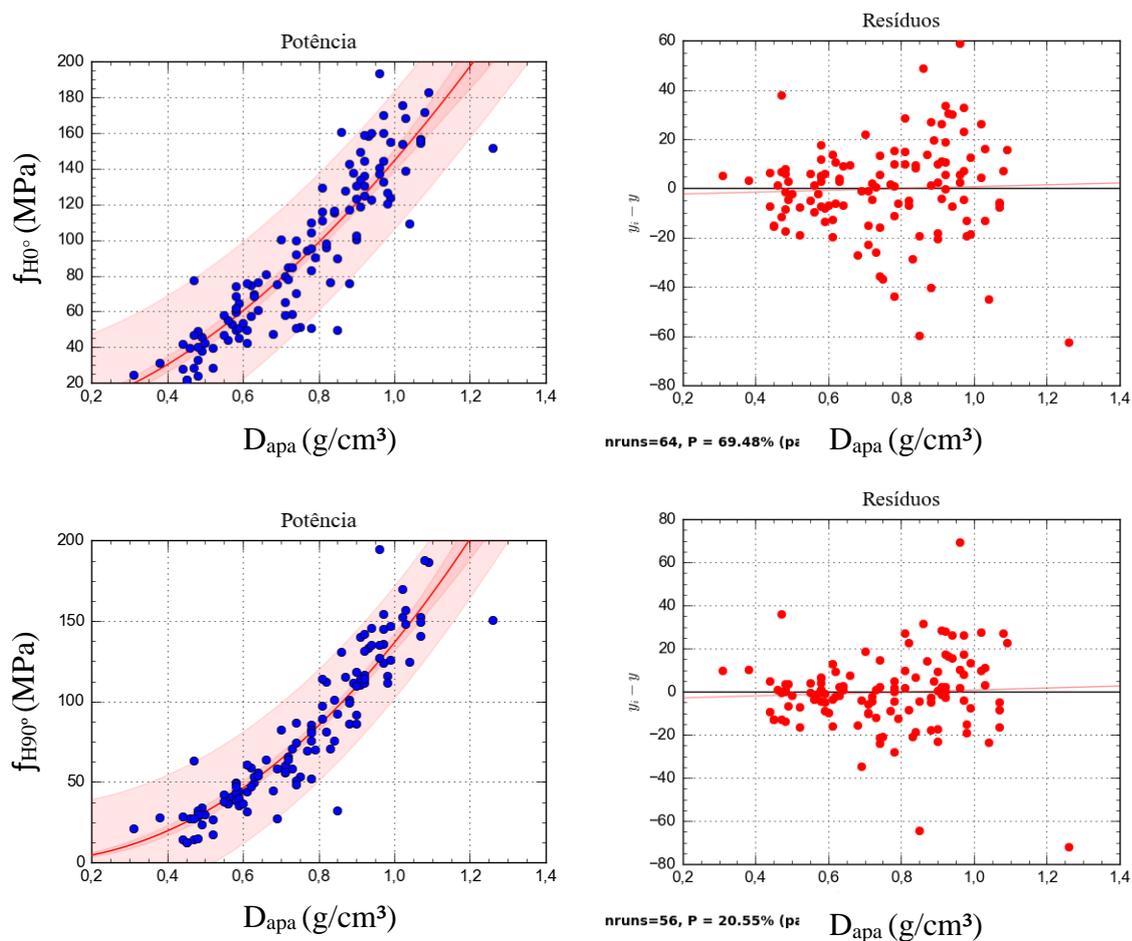


Figura 4 - Gráficos de correlação entre densidade aparente e dureza janka paralela e dureza janka perpendicular as fibras, seguidos dos gráficos de dispersão dos resíduos.

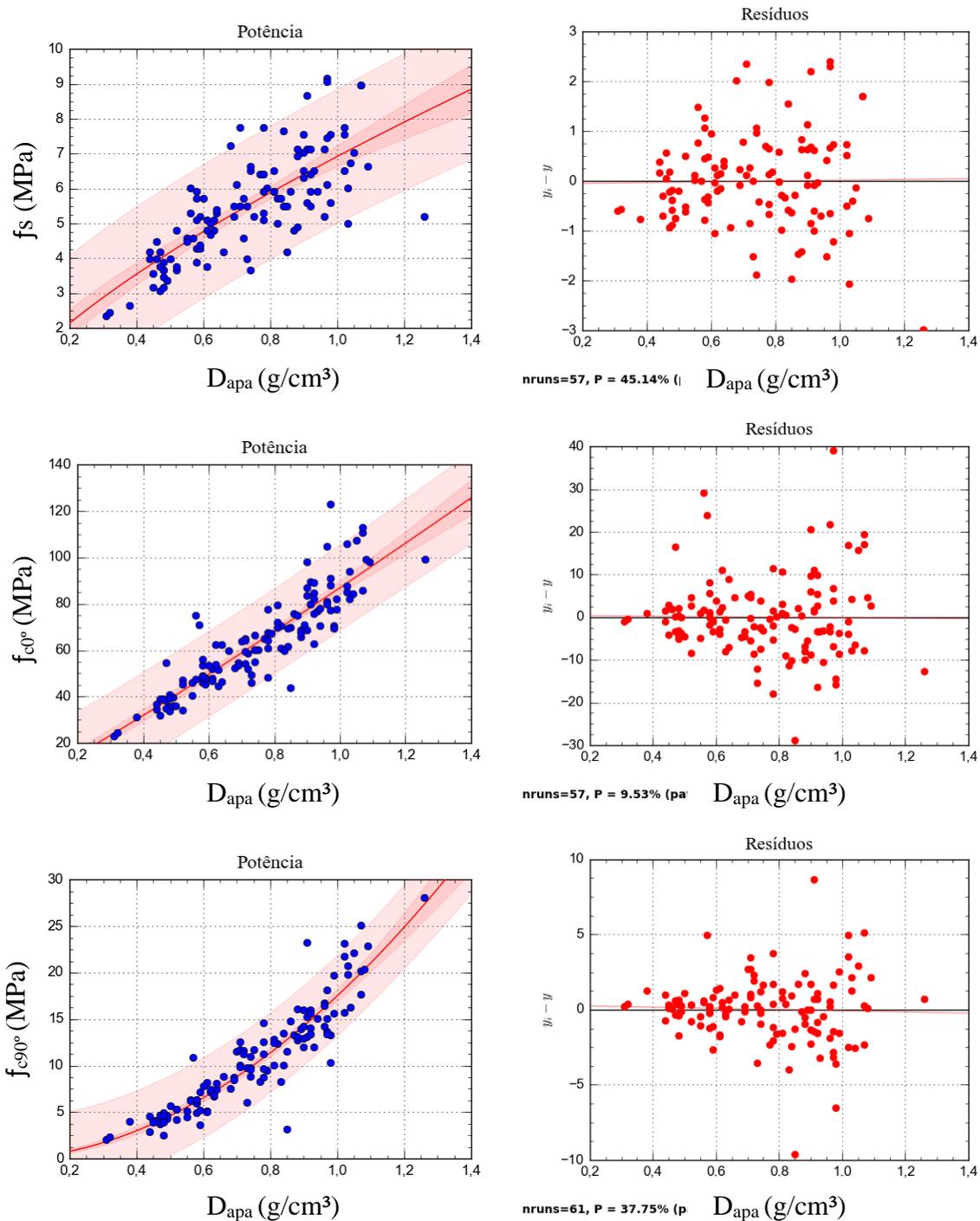


Figura 5 - Gráficos da correlação entre fendilhamento, compressão paralela e compressão perpendicular, pela densidade aparente, seguidos dos gráficos de distribuição dos resíduos.

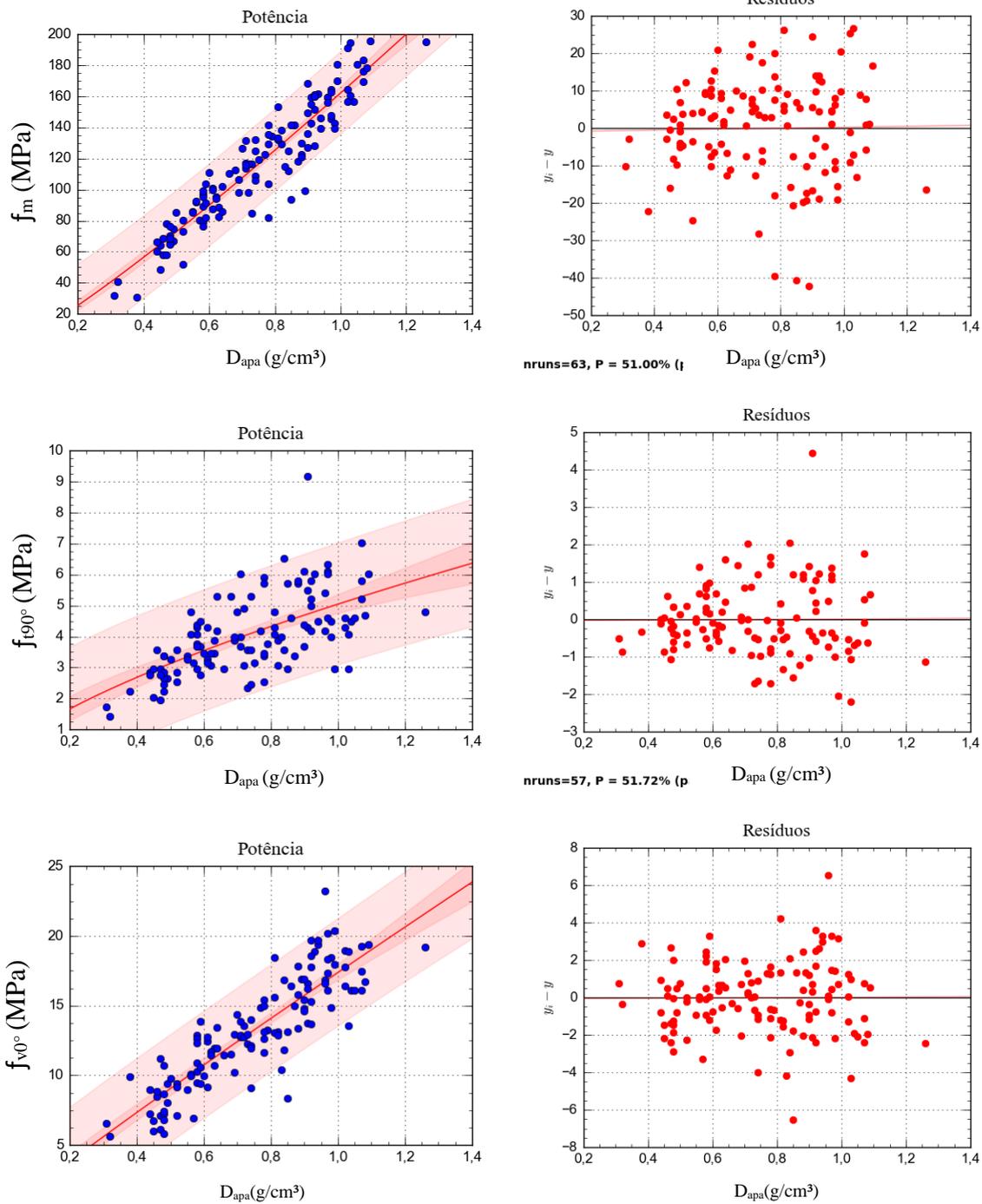


Figura 6 - Gráficos de correlação entre módulo de ruptura, tração perpendicular e cisalhamento, para densidade aparente, seguidos dos gráficos de distribuição dos resíduos.

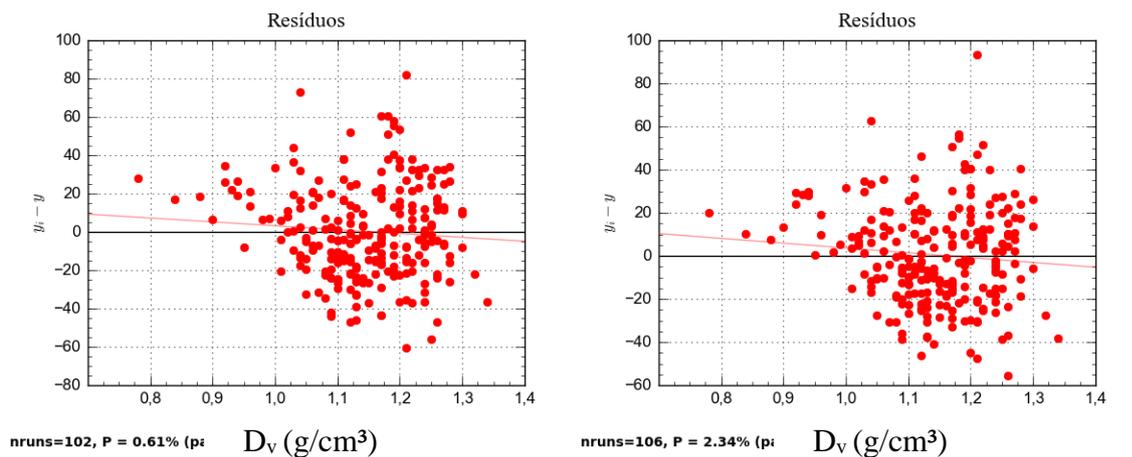


Figura 7 - Gráficos dos resíduos de dureza janka e dureza paralela janka perpendicular as fibras respectivamente.

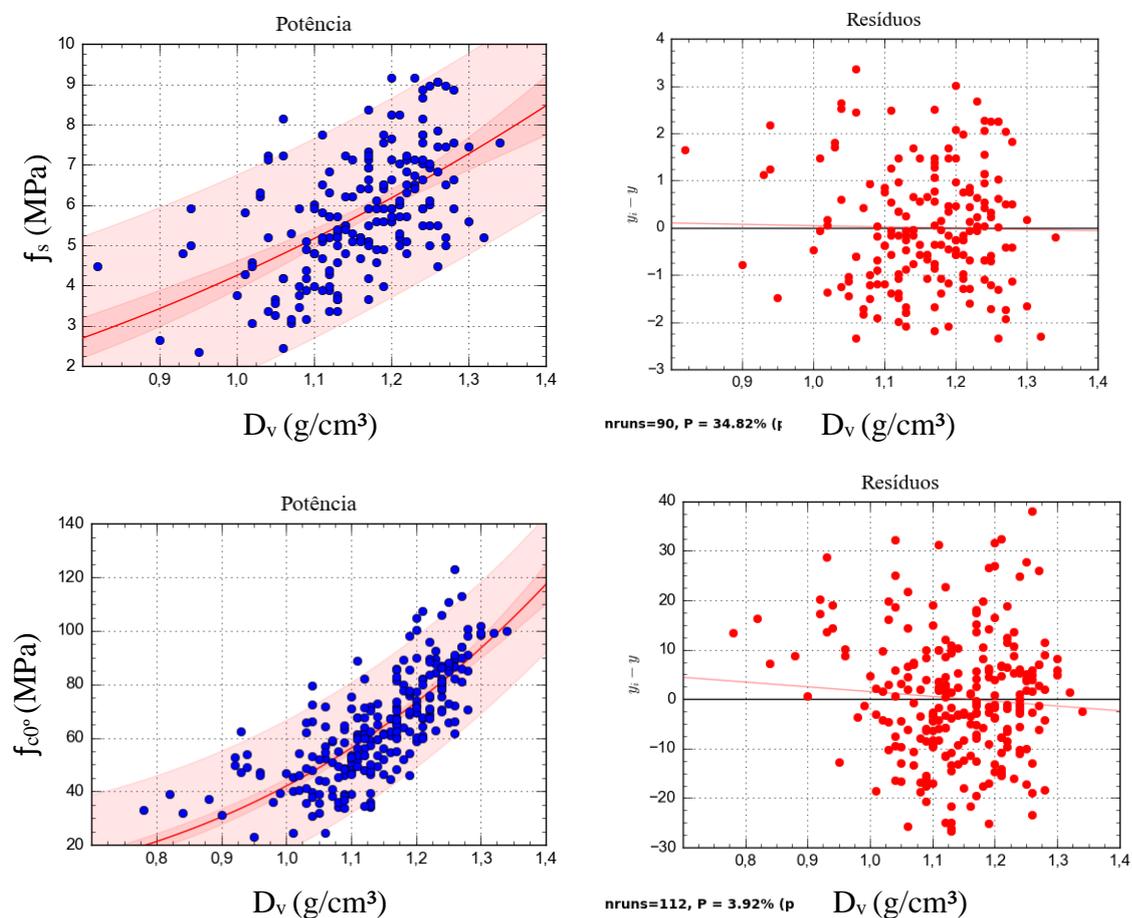


Figura 8 - Gráficos das correlações entre densidade verde fendilhamento e compressão paralela, seguidos dos gráficos de distribuição dos resíduos.

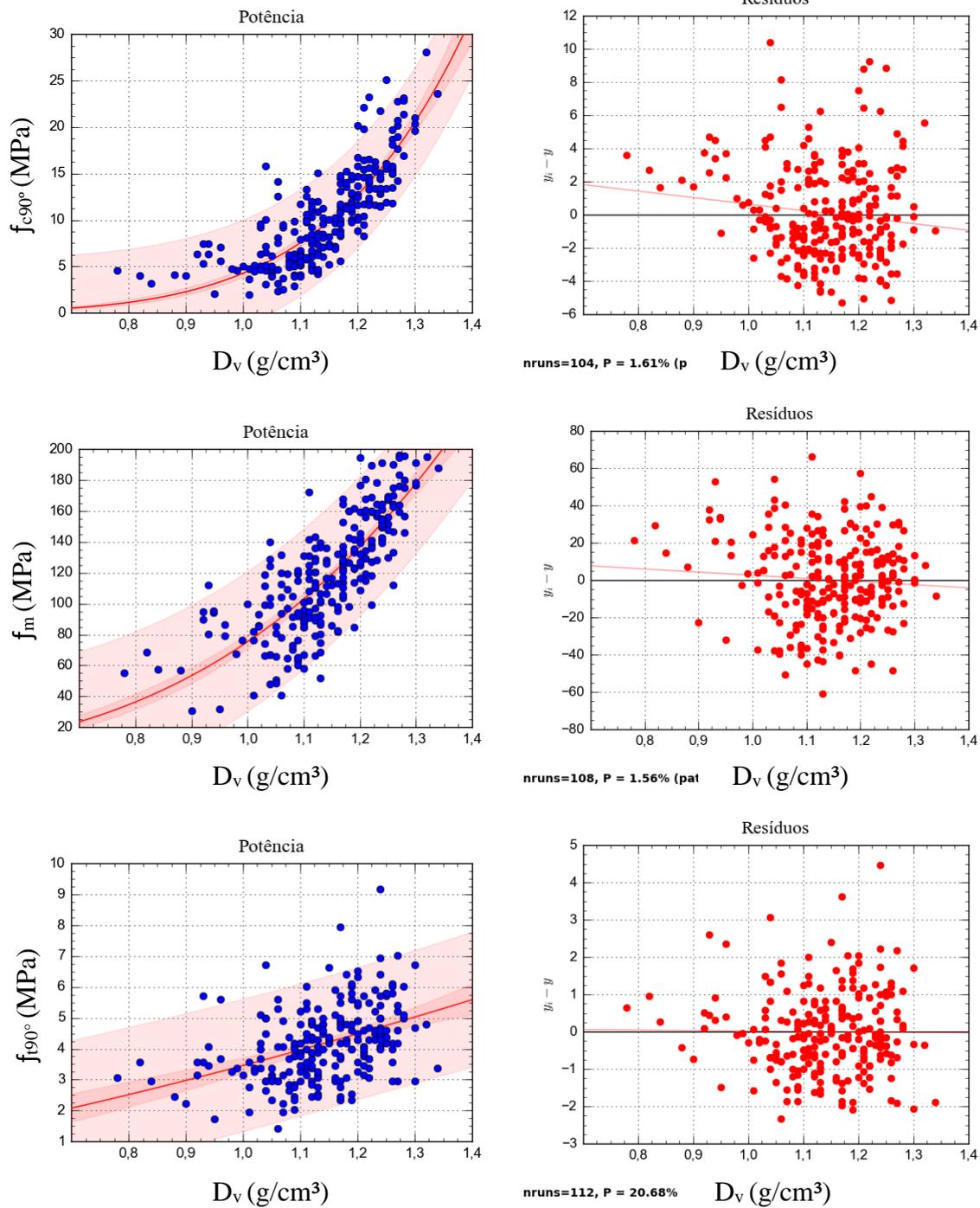


Figura 9 - Gráficos das correlações entre densidade verde compressão perpendicular, módulo de ruptura e tração perpendicular, seguidos dos graficos de distribuição dos resíduos.

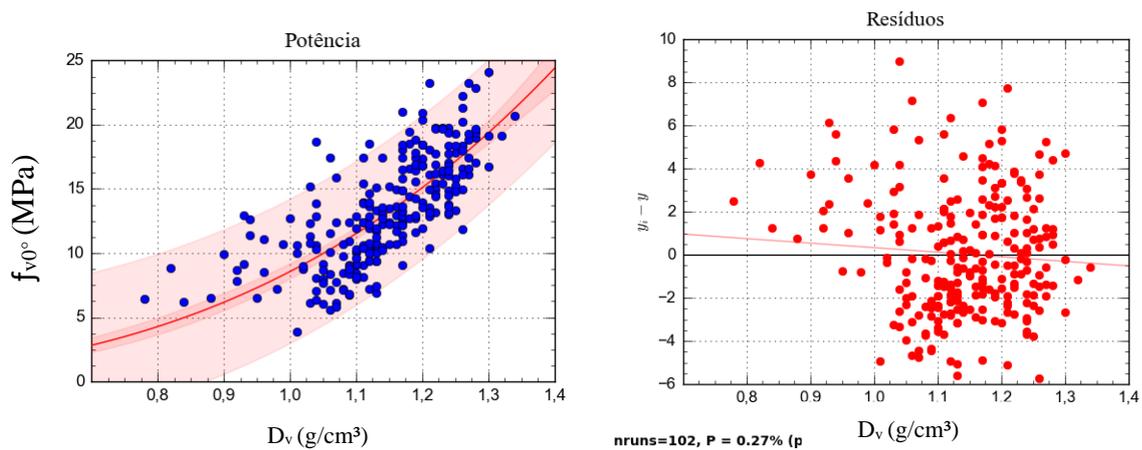


Figura 10 - Gráfico da correlação entre densidade verde e cisalhamento seguido do gráfico de dispersão dos resíduos.