

Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Engenharia Florestal
Campus de Marabá – VIII – CCNT



Camila Balby Ribeiro da Silva
José Alves dos Santos Junior

**Propriedades tecnológicas da madeira juvenil de
Schizolobium parahyba var. *amazonicum* (Huber
x Ducke) Barneby (paricá) proveniente de
diferentes sistemas de cultivo**

Marabá
2018

Camila Balby Ribeiro da Silva
José Alves dos Santos Junior

Propriedades tecnológicas da madeira juvenil de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby (paricá) proveniente de diferentes sistemas de cultivo.

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado como requisito parcial, ao curso de Engenharia Florestal, do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Dr. Luiz Eduardo de Lima Melo

Marabá
2018

Camila Balby Ribeiro da Silva
José Alves dos Santos Junior

Propriedades tecnológicas da madeira juvenil de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby (paricá) proveniente de diferentes sistemas cultivo

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado como requisito parcial, ao curso de Engenharia Florestal, do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal da Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Dr. Luiz Eduardo de Lima Melo

Data de aprovação: / /

Banca examinadora:

Orientador

Prof^o. Luiz Eduardo de Lima Melo
Doutor em Ciência e Tecnologia da Madeira
Universidade do Estado do Pará - UEPA

Membro Colaborador

Prof^o. Iedo Souza Santos
Doutor em Engenharia de produção
Universidade do Estado do Pará - UEPA

Membro Colaborador

Sr. Marco Antonio Siviero
Diretor-Presidente
Grupo Arboris

Membro Colaborador

Prof^o. Thiago de Paula Protásio
Doutor em Ciência e Tecnologia da Madeira
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, pelas infinitas bênçãos que recebo e pela intercessão de Nossa Senhora.

A minha família pelo apoio incondicional, principalmente a minha mãe Lucinda e a meu irmão Gustavo. Amo todos vocês.

Meu grande amor e principal razão por eu ter tido forças para seguir Bruno.

A meu parceiro de TCC e amigo José Júnior, por todos os congressos, emoções nesse tempo “junto”, todos esses meses, escrevendo esse projeto maravilhoso, que tanto nos orgulhamos, não haveria melhor pessoa no mundo para dividir essa vitória.

Meus bons amigos Lívian Maria, Adriana Castro, Martha e Igor pelo apoio nos momentos mais difíceis nessa jornada e pelos momentos de distração que fizeram disso algo suportável.

Ao meu orientador, professor Luiz Eduardo pelo conhecimento passado, por todas as pesquisas desenvolvidas, pela paciência (quase infinita), por todo tempo, esforço e energia dedicados.

Ao grupo de pesquisa e Liga de Ciência e Tecnologia da madeira, pela amizade, companheirismo e pelas enriquecedoras experiências trocadas.

A Maila e Karem por ter me acolhido tão bem quando ingressei ao laboratório, pelos ensinamentos, e a Débora por se manter nessa tarefa (que não é fácil dado meu histórico).

Ao Grupo Arboris por oferecer tão gentilmente sua área e material para essa pesquisa, pelo apoio financeiro e incentivo a pesquisa, em especial Senhor Marco Siviero, August e Maíra pela ajuda na coleta do material.

Aos laboratórios da EMBRAPA Amazônia Oriental e laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira da Universidade Federal Oeste do Pará em nome da Martha, Fernando e as pessoas que auxiliaram nesse momento de análises.

A Renildo, Hugo Queiroz, Matheus Franklin, Pâmela, Iêdo, Professor Javan, Professor Paulo, Dáfilla, Movelaria Maragoanha e a todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho. Muito obrigada a todos.

Muito Obrigada, Camila Balby.

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre comigo em toda minha trajetória de vida, guiando meus passos e iluminando meu caminho.

Agradeço e dedico essa conquista à minha Família que sempre me incentivou e me apoiou nas minhas escolhas e alcançar meus objetivos, principalmente minha mãe dona Maria do Amparo, ao meu Pai José Alves e as minhas Irmãs Polyana e Joelma.

Ao Laboratório de Ciência de Tecnologia da Madeira da UEPA, onde eu pude ter o privilégio de realizar pesquisas. Ao grupo de pesquisa do Laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira, pelo o apoio às pesquisas.

Ao meu orientador Dr. Luiz Eduardo de Lima Melo, por sempre está disposto a nos ensinar, pela dedicação que teve comigo durante todo tempo, por todas as nossas pesquisas realizadas, foi um prazer imenso ter sido orientado por ele.

À minha parceira de trabalho Camila Balby, não existiria pessoa melhor para trabalhar que não fosse com ela, obrigado pela dedicação, empenho e o mais importante, obrigado pela nossa amizade.

Ao Grupo Arboris por sempre apoiar a pesquisa e inovação, em especial ao presidente do grupo Marco Siviero pela oportunidade de trabalhar nessa empresa, por me ensinar valores, pelo treinamento técnico e comportamental durante meu estágio.

A EMBRAPA Oriental, especialmente a Martha, e ao Laboratório de Tecnologia da Madeira da UFOPA pelo o grande apoio ao nosso trabalho.

A Maira Lira por sempre me motivar, por ter me ajudado na coleta do material, por trabalhar duro comigo no escritório, me ensinar o que sabe, por mostrar ser uma grande profissional e amiga em Dom Eliseu.

Ao amigo e irmão de alma Renildo Medeiros por sempre me ajudar, me incentivar, apoiar, contribuir para minha vida em todos os momentos bons e difíceis que eu passei.

Em especial, quero agradecer ao Marcos Minirron, por me encorajar sempre nos momentos de decisões, pelos puxões de orelha, por tantos momentos compartilhados e pela extraordinária pessoa que ele é.

Muito Obrigado, José Junior.

Os Limites só existem se você os
deixar existir.

Son Goku

Nunca se esqueça de quem você é,
porque é certo que o mundo não se
lembrará. Faça dessa sua força. Assim,
não poderá ser nunca a sua fraqueza.
Arme-se com esta lembrança, e ela nunca
poderá ser usada para magoá-lo.

George R. R. Martin

RESUMO

SILVA, Camila Balby Ribeiro; SANTOS JUNIOR, Jose Alves. **Propriedades tecnológicas da madeira juvenil de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) proveniente de diferentes sistemas cultivo**. 2018. 51 fls. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado do Pará, Marabá-PA, 2018.

Atualmente o estado do Pará tem se apresentado uma região com perspectivas para a aplicação de Sistemas Agroflorestais. Para nosso conhecimento, não há informações que indiquem até que ponto a adoção do sistema de cultivo agroflorestal influencia as propriedades tecnológicas na madeira de paricá, visto que a madeira é material de origem biológica e apresenta variações que ocorrem em sua composição química, físico/mecânica e anatômica. O objetivo deste trabalho é entender o efeito do sistema de cultivo adotado sobre as características anatômicas, propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby (paricá) e determinar em qual sistema de cultivo produz madeira com propriedades tecnológicas que indicam melhor qualidade para indústria de painéis compensado. Todo o estudo foi conduzido na fazenda Jaspes I localizada no município de Ulianópolis, no sudeste do Pará. Foram estudados dois tratamentos: MNp = monocultivo de paricá e SAFpsm = sistema agroflorestal de paricá, soja, alternado com milho. Ambos os sistemas de cultivos foram implantados no mesmo período, de 15 de janeiro a 10 de fevereiro de 2015, com o mesmo espaçamento entre as árvores (5,0 x 2,0 m), as árvores apresentavam no momento da coleta três anos de idade. Foram coletadas amostras de madeira do fuste de 20 árvores em cada tratamento, totalizando 40 árvores. Foram obtidas amostras de solo próximo a cada indivíduo selecionado, também totalizada 40 amostras completas de solo, destinadas a determinar os atributos químicos do solo para os dois tratamentos. A partir da madeira coletada, determinou-se, algumas propriedades físicas e mecânica, bem como fez-se a caracterização anatômica da madeira provenientes dos dois sistemas de cultivo. Os resultados das propriedades da madeira e dos atributos químicos do solo foram processados estatisticamente e submetidos a modelos lineares generalizados (GLM's) para evidenciar diferenças estatísticas significativas entre os sistemas de cultivo. Os resultados indicaram que o SAFpsm produziu madeira com menor densidade (0,26 g/cm³), menor módulo de ruptura na compressão paralela as fibras (23,06 MPa). Anatomicamente diferenças significativas foram observadas somente para o diâmetro tangencial do lume dos vasos (117,66 µm – 158,85 µm) e para a frequência de raios (6,43 µm – 5,55 µm), os quais apresentaram valor médio menor no SAFpsm em comparação ao MNp. As principais alterações nas propriedades da madeira foram relacionadas à maior concentração de P (42,4%) no solo maior no SAFpsm comparativamente ao MNp. Contudo, o estudo revela que SAFpsm, induziu produção de madeira de menor densidade e resistência mecânica a compressão paralela as fibras, anatomicamente levou a produção de vasos de menor diâmetro tangencial e menor quantidade de raios em árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* três anos de idade.

Palavras-chave: Sistema agroflorestal, atributos químicos do solo, qualidade da madeira de paricá.

ABSTRACT

SILVA, Camila Balby Ribeiro; SANTOS JUNIOR, Jose Alves. **Propriedades tecnológicas da madeira juvenil de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) proveniente de diferentes sistemas cultivo**. 2018. 51 fls. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado do Pará, Marabá-PA, 2018.

Currently the state of Pará has a region with perspectives for an application of Agroforestry Systems (SAF's). To obtain the knowledge, there is no information that points to the adhesion of the agroforestry influence system as the technological properties in paricá wood, since the wood is material of biological origin and presents the changes that occur in its chemical, mechanical and anatomical appearance. The objective of this work is the greenhouse effect on the anatomical characteristics, physical and mechanical properties of the wood of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) and pretend in which the cultivation system produces wood with reservoirs. The whole study was conducted at the Jaspes I farm. It was studied in the municipality of Ulianópolis, southeast of Pará. Two treatments were studied: MNp = paricá monoculture and SAFpsm = paric agroforestry system, soybean, alternated with maize. Both culture systems were implanted in the same period, from January 15 to February 10, 2015, with the same spacing between the parts (5.0 x 2.0 m), age. Twenty wood samples were collected in each treatment, totaling 40 trees. Soil samples were included next to each selected individual, along with the complete documentation. From the collected wood, the physical and digital properties, as well as the anatomical characterization of the wood, are two of the cultivation systems. The results were compared with the generalized linear models (GLM's) to show differences between the cultivation systems. The results indicated that the SAF produced the wood with lower density, lower modulus of rupture in the parallel compression as fibers. The anatomical measurements were only observed for the tangential diameter of the serum of the blood vessels and for the ray frequency, with which the individual was evaluated on average in the SAF in comparison to the monoculture. The SAF studied produced lower density wood and mechanical strength. As the main changes in wood probabilities were related to the higher concentration of P in the soil of APS. The differences observed between the properties of the trees such as *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* three-year old from monoculture to wood best quality for plywood industry.

Keywords: Agroforestry system, soil chemical attributes, paricá wood quality.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. JUSTIFICATIVA	11
3. OBJETIVOS	12
3.1. Objetivo Geral	12
3.2. Objetivos Específicos	12
4. REFERENCIAL TEÓRICO	12
4.1. <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> – paricá	14
4.2. Sistema Agroflorestal	Erro! Indicador não definido.
4.3. Efeito dos tratamentos silviculturais na qualidade da madeira	15
4.4. Efeito da fertilização na qualidade da madeira	16
4.5. Panorama Geral das Indústrias de Laminados no Brasil	Erro! Indicador não definido.
5. MATERIAIS E MÉTODOS	17
5.1. Área do estudo	17
5.2. Descrição do experimento	18
5.3. Amostragem das árvores	20
5.4. Coleta e processamento das amostras de solo	22
5.5. Análise dos dados	22
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6. 1. Atributos químicos do solo	23
6.2. Densidade e propriedades mecânicas da madeira de <i>S. parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> entre os sistemas de cultivo	25
6.3. Características anatômicas da madeira de <i>S. parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> entre os sistemas de cultivo	28
7. CONCLUSÃO	33

8. REFERÊNCIAS33

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia contém a maior floresta tropical do mundo, esse fato eleva a importância da biodiversidade da região para além das fronteiras brasileiras. Barlow et al. (2016) relatam que os efeitos combinados de vários distúrbios causados pelo homem nas florestas da Amazônia tem levado a perda de biodiversidade em uma escala similar ou maior do que aquelas causadas pelo desmatamento sozinho, a conversão da floresta em pastagem ou em terras agrícolas a partir de corte e queima pode resultar em perda de biodiversidade e tornar as florestas mais vulneráveis a incêndios florestais e dentro da floresta tropical remanescente, a biodiversidade pode ser afetada pela caça. Além disso, após o abandono das atividades há certa dificuldade de restaurar estas áreas degradadas (SILVA et al. 2011).

Segundo Martorano et al. (2016) os muitos desafios para alcançar a sustentabilidade da região incluem a expansão da fronteira agrícola, a segurança alimentar, a introdução de biocombustíveis e a necessidade de serviços socioambientais à medida que o desenvolvimento avança. Segundo a FAO (2009) até 2050, a população mundial provavelmente aumentará em até 35%, algo em torno de 9,3 bilhões de habitantes, estima-se que para alimentar essa população, a produção de alimentos deverá aumentar em 70%. No Brasil, e em todo o território que compreende a Amazônia essa projeção não é diferente, indicando que manter a floresta intocável não é uma opção, mas deve-se buscar promover o uso sustentável da floresta e da terra.

Os sistemas agroflorestais têm sido sugeridos como uma alternativa viável para recuperar áreas degradadas (FERNANDES, 2011) uma vez que podem fornecer produtos florestais madeireiros e/ou não madeireiros, e quando aliados a culturas agrícolas contribuem também com o abastecimento de alimento, além de produzirem benefícios ecológicos importantes, tais como a melhoria do ciclo dos nutrientes, a conservação do solo, e a recuperação da biodiversidade (CORDEIRO et al. 2005; SILVA et al. 2011).

Na Amazônia brasileira a espécie *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby, o paricá, tem sido frequentemente plantada tanto em

monocultivo como também em sistemas agroflorestais devido seu rápido crescimento, relativamente tolerância a baixa fertilidade do solo e poucas exigências silviculturais (GAZEL FILHO et al. 2007; GOMES et al. 2010) e a madeira produzida tem atendido principalmente a indústria compensados.

Pesquisas têm apresentado resultados satisfatórios de crescimento e produtividade do paricá em SAF's com diferentes culturas agrícolas, informando maiores valores de incrementos médio anual em altura e diâmetro comparativamente ao monocultivo (MARQUES, 1990; CORDEIRO et al. 2015; MARTORANO et al. 2016), entretanto os autores não mencionam resultados do efeito do sistema de cultivo adotado sobre as propriedades da madeira produzida. Assim, sabendo que qualquer mudança no padrão de crescimento e na taxa de crescimento de uma árvore pode resultar em variação na composição da madeira (ZOBEL, 1992) é imprescindível avaliar a qualidade da madeira que é produzido em diferentes sistemas de cultivos para esta espécie na Amazônia.

Não há informações que indiquem até que ponto a adoção do sistema de cultivo agroflorestal influencia as propriedades tecnológicas na madeira de paricá, sabendo que esta é uma informação preliminar e necessária para geração de matéria prima de melhor qualidade.

2. JUSTIFICATIVA

O aumento da demanda por madeira para os mais variados fins: papel e celulose, mercado moveleiro, construção civil e produção de carvão, vem cada vez mais sendo significativo nos últimos anos, principalmente quando se trata de produção na Amazônia brasileira.

Verifica-se que, mesmo com o incremento em produtividade e grandes áreas de plantações de eucaliptos e teca e outras espécies exóticas, cerca de 20% da demanda geral equivale a madeiras de florestas nativas. Entretanto, os plantios de madeiras nativas ainda são insuficientes para suprir a demanda, o que pode resultar na extração ilegal de madeiras oriundas de remanescentes florestais.

Partindo pela linha desse raciocínio, vale ressaltar, que o estudo sobre as propriedades tecnológicas das madeiras de espécies nativas oriundas de florestas plantadas ainda é limitado e insuficiente, porém não significa que elas não possuem um grande potencial econômico, no qual vem sendo bastante explorado. Para este

caso, o Paricá (*S. parahyba* var. *amazonicum*) vem tendo destaque, pois vem sendo nos últimos anos utilizado em plantios de larga escala pelas indústrias de compensados obtendo a mesma qualidade e rendimento ou até mesmo superior às outras espécies com a mesma finalidade.

O *S. parahyba* var. *amazonicum* é uma espécie pioneira que se enquadra muito bem aos plantios consorciados, como também em plantios homogêneos, em função de: rápido crescimento, fuste ereto, desrama natural, fácil secagem e acabamento, alto incremento volumétrico (30 m³/ha/ano) e boa trabalhabilidade, o que faz ser plantada em larga escala no Norte do país mesmo ainda sem técnicas de melhoramento genético, podendo ser colhida aos seis anos de idade.

Em contrapartida, alguns aspectos merecem ser considerados, como: as características silviculturais, nutrientes do solo, área de abrangência, qualidade do lenho indicam o potencial e importância dessa espécie visando à melhoria e potencialização da exploração madeireira em programas de manejo florestal sustentável. Deste modo, podendo ser investido em novas pesquisas direcionadas para técnicas de exploração florestal de baixo impacto, otimizando a aplicação da madeira até a sua transformação e manufatura de produtos de maior valor agregado.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

O objetivo desta pesquisa foi entender o efeito do sistema de cultivo adotado sobre as características anatômicas e propriedades físico/mecânicas da madeira juvenil de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*.

3.2 Objetivos Específicos

- Conhecer as características anatômicas e físico/mecânicas da madeira juvenil de paricá cultivada em sistema agroflorestal (SAF);
- Entender o efeito das alterações dos atributos químicos do solo sobre as propriedades da madeira produzido no monocultivo e no SAF;

4. REFERENCIAL TEÓRICO

A relação entre meio ambiente e sistema de produção agrícola vem se tornando um dos principais instrumentos de discussão nos planos de governos, ocorrendo na esfera nacional e mundial. Essa relação se torna fator limitante ao se referir ao crescente aumento populacional das últimas décadas, seja para atender a demanda alimentícia e energética, como para a preservação dos recursos naturais e o meio ambiente (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Silva (2013), em meio a esse cenário, os Sistemas Agroflorestais – SAF's, naturalmente pela sua fundamentação multicultural e perspectivas de sustentabilidade produtiva, atendem a essa nova perspectiva que se apresenta para os produtores rurais.

4.1. Sistema Agroflorestal

Os Sistemas agroflorestais (SAF's) vêm sendo amplamente divulgados para se obter uma produção agropecuária e florestal ecologicamente sustentável, diversificada e de qualidade. É definido como um sistema produtivo que promove proteção e conservação de solo, flora, fauna e mananciais, e por isso, vem sendo usado para recuperação de áreas degradadas e melhorar a qualidade de vida no planeta (PEREIRA e RODRIGUES, 2012). A sustentabilidade dos sistemas agroflorestais é função das interações do fluxo de energia, da ciclagem de nutrientes e da biodiversidade do sistema (GAMA-RODRIGUES, 2004).

Budowski (1984) define como sistema agroflorestal, o conjunto de técnicas de uso da terra que implica a combinações de essências florestais com culturas agrícolas, com produção pecuária ou com ambas.

Os sistemas agroflorestais representam técnicas potenciais para aproveitamento contínuo do solo, pois, ao mesmo tempo em que se produz madeira a médio e longo prazo, obtêm-se safras de cultivos agrícolas temporários ou perenes (MARQUES; BRIENZA JUNIOR, 1983; LOCATELLI, 1988).

Ohashi (2005), relata que em relação as espécies florestais utilizadas em SAF's as espécies nativas ainda têm sido pouco implantadas no sistema, devido aos poucos estudos do comportamento destas espécies nesse tipo de sistema e falta de programas de pesquisa que comprove sua viabilidade.

Uma das espécies que vem sendo utilizada tanto para reflorestamento, como para o SAF's é o *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Paricá), sendo promissora para o uso, porém necessita de estudos nas diferentes áreas do conhecimento para uma melhor adequação no uso, de acordo com Ohashi (2005).

HARVEY e VILLALOBOS (2007), revelam que os SAF's podem ser vistos como alternativas aos tradicionais sistemas de Monocultivo. Nele são cultivadas, espécies nativas e frutíferas promove equilíbrio do meio ambiente devido a diversidade de espécies vegetais, redução do ataque de pragas às culturas e melhor subsistência e conservação de espécies nativas.

4.2. *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* – paricá

O paricá [*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby] é uma espécie florestal pertencente à família Fabaceae, subfamília Caesalpinoideae (BARNEBY, 1996). A espécie tem sua área de ocorrência desde o norte do México até o sul do Brasil (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE - NAS, 1979), a variação *S. amazonicum* tem sua ocorrência restrita à bacia Amazônica no Brasil, Bolívia e Venezuela (EMBRAPA, 2003). É uma árvore decídua, atingindo até 40 m de altura e 100 cm de DAP na idade adulta e apresenta tronco cilíndrico, bem formado e reto, sem nós, revestido por casca grossa (SOUZA, 2015).

O *S. parahyba* var. *amazonicum* apresenta folhas alternas, compostas, com mais de um metro de comprimento em árvores jovens, reduzindo esse tamanho com o desenvolvimento. As inflorescências são em forma de racemos terminais com flores vistosas de pétalas amarelas. O fruto é um legume deiscente, alado, achatado, com coloração bege/marrom quando maduro e esverdeado/amarelado quando imaturo (EMBRAPA, 2003). Semente lisa, brilhante, oblonga-achatada, com tegumento duro, envolta de uma asa grande e papirácea (OLIVEIRA e PEREIRA, 1984).

S. parahyba var. *amazonicum* é uma espécie de crescimento rápido, madeira com uma produtividade média anual é de 20 a 30 m³ ha⁻¹ano⁻¹, espécie heliófila, possui um fuste ereto, desrama natural, madeira branco-amarelada baixa densidade, cerca de 0,40 g/cm⁻³ de acordo com Iwakiri (2010) e Cordeiro et al., (2015). Atualmente é utilizado na produção de compensados de madeira e laminação

(ROSA et al., 2011; MELO, R. et al., 2014). A silvicultura para o paricá é simples, com destaque para desrama natural. O principal cuidado é a limpeza do sub-bosque nos primeiros anos, para evitar a matocompetição (SOUZA, 2015).

O lenho das árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* é caracterizado por anéis de crescimento indistintos, placa de perfuração simples, vasos alternos pequenos a médios, parênquima axial vasicêntrico, cerne e alburno indistintos, grã irregular à direita (DETENNE & JACQUET, 1983; TOMAZELLO FILHO et al., 2004; ESPINOZA DE PERNÍA & MELANDRI, 2006; MARCATI et al., 2008; LOBÃO et al., 2011; LOBÃO et al., 2012).

Para Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI (2015), em plantio de paricá, as melhores condições climáticas de crescimento e sobrevivência da espécie, ocorrem em condições de clima quente e de alta umidade, com precipitação elevada e sem muitas variações de clima.

De acordo com Souza (2015), o *S. parahyba* var. *amazonicum* tem sido implantando por Empresas localizadas na região de Dom Eliseu, no estado do Pará, a madeira tem sido utilizada visando reduzir custos de produção, despesas de colheita, transporte e custos relacionados à industrialização da madeira. Para Cordeiro (2007) a espécie apresenta bom desempenho em formações homogêneas e consorciadas, em reflorestamento e recuperação de áreas degradadas.

4.3. Efeito dos tratamentos silviculturais na qualidade da madeira

Os tratamentos silviculturais afetam significativamente a produção de madeira, Soranso et al (2016) indica maiores crescimentos em Diâmetro a Altura do Peito – DAP e Incremento Médio Anual em Diâmetro –IMAD, em espaçamentos maiores, até um determinado limite de idade. O autor conclui ainda que não há influencia no espaçamento sobre as características das fibras da madeira até 05 anos em *Kaya ivorensis*, e a densidade aparente também não foi afetada.

Avaliando o comportamento das propriedades físicas do paricá (*S. amazonicum*) em diferentes espaçamentos Melo et al. (2014) conclui que o espaçamento não afetou significativamente as propriedades físicas da madeira no sentido radial (medula-casca). DeBell et al. (1998) observou estudando clones híbridos de *Populus trichocarpa* x *Populus deltoides*, que o tamanho da fibra não foi influenciado, durante os seis primeiros anos, pela alta taxa de crescimento, provocada pelos tratos silviculturais realizados no plantio.

Torres et al. (2016) avaliando a produção de biomassa seca e as propriedades da madeira de um híbrido de *Eucalyptus* sp. produzida em sistemas agrossilvipastoril e silvipastoril relata que o menor espaçamento (9x1) apresentou indivíduos com maior crescimento em altura, porém menor crescimento em diâmetro. Os maiores espaçamentos (8x3 e 12x3) apresentaram indivíduos com maiores diâmetros e com maiores valores de densidade básica.

4.4. Efeito da fertilização na qualidade da madeira

A resposta das plantas ao enriquecimento mineral, entre diversos ecossistemas, ainda necessita de maiores estudos, uma vez que não há um padrão comportamental definido (TIAN et al., 2017). Os efeitos da fertilização mineral na qualidade da madeira ainda são contraditórios, podendo ser benéficos para fins específicos (SETTE JÚNIOR et al., 2014).

Atualmente existem diversos estudos que relatam os efeitos da fertilização mineral em aspectos como crescimento das árvores, Tian et al. (2017); Alvarez-Clare et al. (2013) relatam que a adubação com fósforo aumentou os índices de crescimento de árvores em seus primeiros anos de vida.

De acordo com Biagiotti et al. (2017) as respostas das características da madeira em razão da fertilização diferem entre as espécies, os autores estudando o efeito da aplicação de doses de potássio no potencial de produtividade de *Corymbia citriodora* no período de implantação não encontraram efeitos significativos da aplicação de K na densidade básica na madeira avaliada aos 12 meses.

Barbosa et al. (2014); Berger et al. (2002) estudando o efeito da fertilização em diferentes clones de *Eucalyptus* spp. observaram uma tendência, sobre os valores de densidade básica, serem menores nos tratamento fertilizados nos indivíduos que foram analisados em comparação aos que não foram submetidos a nenhum tratamento. Fato que pode ser explicado devido, o estímulo de crescimento causado pela maior disponibilidade de nutrientes no solo.

Castro et al (2017) avaliando o efeito da aplicação de potássio e sódio, da disponibilidade de água no solo na densidade aparente a 12% de umidade conclui que, a nutrição mineral afetou significativamente a densidade nas idades de 12, 24 e 36 meses, e a disponibilidade hídrica no 12 e 36 meses. As árvores com 36 meses com redução de disponibilidade hídrica apresentaram maiores valores de densidade, um indício que o estresse hídrico pode vir a aumentar a densidade da madeira.

Cutter & Murphey (1978) realizaram um estudo sobre a influencia de diferentes níveis de potássio na densidade de um híbrido de *Populus* sp., onde a densidade básica não foi influenciada significativamente em nenhum dos tratamentos. Entretanto para as análises químicas a quantidade de cinzas aumentou de forma significativa, principalmente para os elementos K, Mg e Ca.

Lima et al (2010) estudando o efeito da fertilização nas dimensões celulares em uma população de *Eucalyptus grandis*, observou diferença significativa apenas na frequência dos vasos aos 05 anos, as árvores fertilizadas apresentaram valores menores, e de forma geral não observou influencia do fertilizante as características anatômicas, resultados semelhantes aos obtidos por Malan (1991), Malan & Hoon (1992), os autores atribuem esse resultado ao fato do *Eucalyptus* ser pouco influenciado pela aplicação de fertilizantes.

De acordo com Sisi et al (2012) as árvores que foram expostas a altos teores de nitrogênio apresentaram fibras mais largas (17%) e mais curtas (18%) em comparação ao tratamento com a quantidade adequada, concordando com os resultados obtidos por Eufrade-Júnior et al (2017); Sette Júnior (2009), entretanto os valores encontrados por esse autor não foram significativos.

Altos valores de fertilização também influenciaram, resultando em maiores diâmetros de fibras e maiores espessuras de parede, Sisi et al (2012) atribui esse resultado não somente ao fator fertilização, uma vez que existiam outras variáveis que podem ter influenciado esse resultado.

Iwakiri et al. (2011) reiteram que a densidade da madeira é um fator importante na avaliação da qualidade de compensados, visto que a interação porosidade da madeira e a absorção de adesivo estão ligadas de forma inversamente proporcionais. Estudando painéis compensados de *S. parahyba* var. *amazonicum* os autores afirmam que madeiras de baixa densidade absorvem maior quantidade de adesivo devido à sua maior porosidade.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Área do estudo

Todo o estudo foi conduzido na fazenda Jaspe, (altitude 160 metros, 4°0'58"S e 47°52'32"W), localizada no município de Ulianópolis, no sudeste do Pará, Brasil (Figura 1). A vegetação original foi dominada por floresta tropical densa

submontana. O clima é classificado como mesotérmico e úmido, a tipologia climática Aw (Classificação de Köppen). A temperatura média é de 27 °C com umidade relativa do ar oscilando entre 42 e 92%. A precipitação anual é de 2000 mm com estação chuvosa de Dezembro a Maio. O tipo de solo mais comum é o Latossolo Amarelo textura argilosa e o relevo é plano a suavemente ondulado (VELOSO et al. 1991; SUDAM, 1993; IBGE, 2004; EMBRAPA, 2013).

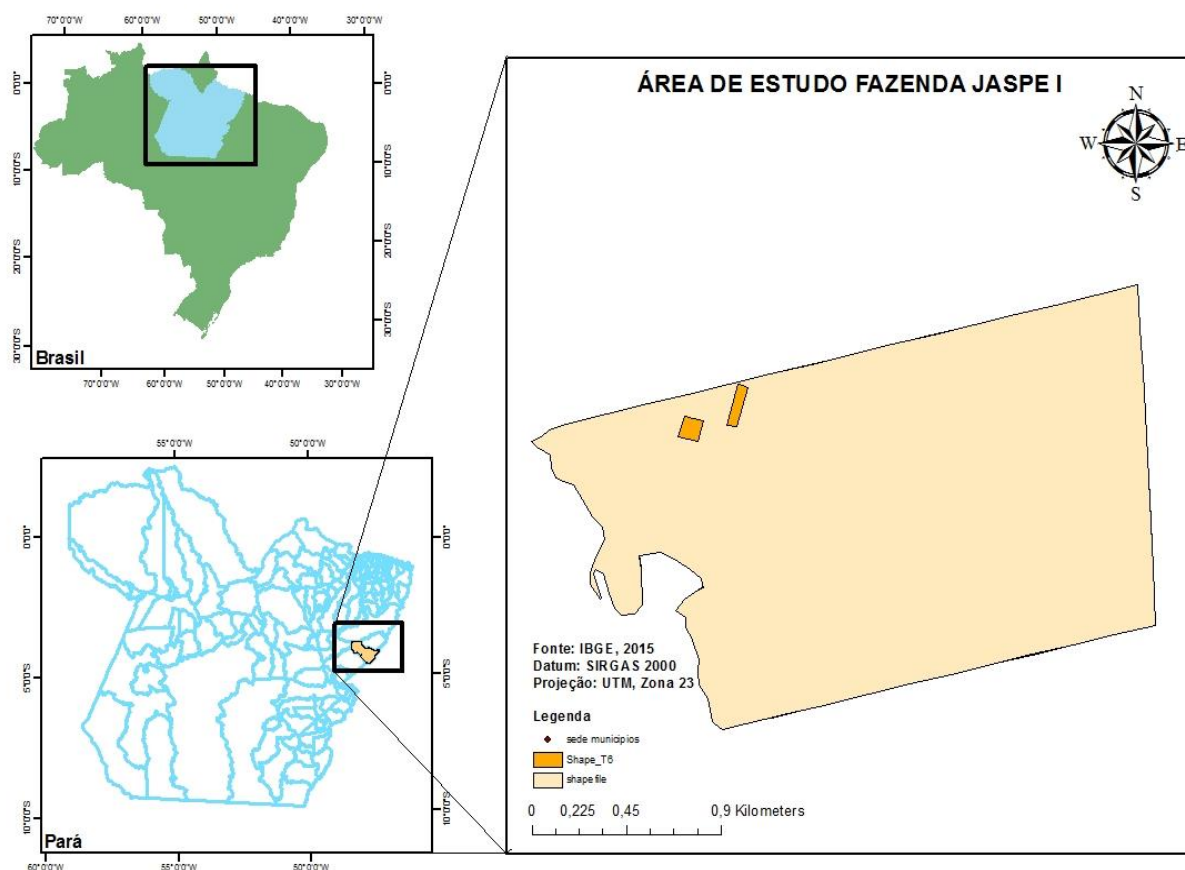


Figura 1. Localização da fazenda Jaspe, município de Ulianópolis, Pará.

5.2. Descrição do experimento

O Sistema Agroflorestal (SAF) e o Monocultivo avaliado neste experimento têm como espécie florestal *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby (paricá). No SAF, o consórcio foi estabelecido com as culturas de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) no primeiro ano substituído pelo milho (*Zea mays* L.) no segundo. O SAF e o Monocultivo foram implantados no mesmo período, de 15 de janeiro a 10 de fevereiro de 2015 (MARTORANO et al., 2016).

Para instalação do SAF e do Monocultivo foi realizado preparo do solo em área total com aração e gradagem, aplicação de 2.000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 95%) para elevar a saturação por bases do solo a 60%, e dessecação pré-plantio com glifosato (2 kg ha⁻¹).

O paricá em SAF e Monocultivo foi plantado em espaçamento 5 x 2 m com densidade de 1.000 árvores ha⁻¹. O plantio foi realizado por semeadura direta, com três sementes por cova. A operação de replantio foi executada após 15 dias do plantio. O primeiro desbaste foi feito aos 60 dias e o segundo aos 150 dias pós-plantio, sendo mantida a planta mais vigorosa.

No SAF, a soja e o milho foram cultivados na entrelinha do paricá. O plantio da soja (cultivar AN93101) foi realizado no espaçamento de 0,45 x 0,08 m e do milho no espaçamento de 0,70 x 0,23 m.

O plantio da soja foi realizado juntamente com a adubação de base mediante aplicação de 400 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 02-25-20 em filete contínuo na linha de plantio. Após 30 dias foi feita adubação de cobertura com aplicação foliar de 7 L ha⁻¹ de Macro e Micronutrientes.

Para o plantio do milho, foi realizado preparo do solo com aração e gradagem na entrelinha do paricá. O milho foi semeado simultaneamente à aplicação de 200 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 10-50-00, em filete contínuo na linha de plantio. A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após o plantio, com 200 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 20-00-20, em filete contínuo próximo à linha de plantio.

O controle fitossanitário das culturas anuais foi conduzido de acordo com a recomendação técnica para cultura com aplicações periódicas de inseticidas, herbicidas e fungicidas.

Neste experimento foram definidos dois tratamentos:

- SAF – Subsolagem + adubação base + adubação cobertura + insumo biológico + soja e milho;
- Monocultivo de paricá – Sem subsolagem + sem adubação base + sem adubação cobertura + sem insumo biológico + sem soja e milho.

A subsolagem foi realizada na linha de plantio do paricá com implemento subsolador de haste única regulada para atingir profundidade de 50 cm. A adubação de base foi realizada juntamente à subsolagem, com aplicação de 300 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 10-30-10, em filete contínuo na linha de plantio por meio de implemento acoplado no subsolador.

Simultaneamente ao plantio de paricá foi aplicado manualmente 30 g cova⁻¹ de insumo biológico, distante 10 cm da cova. O cultivo e as concentrações do insumo biológico foram de acordo com a recomendação de Siviero et al. (2008).

Aos 60 dias após plantio foram realizadas operações manuais de adubação de cobertura, com aplicação de 200 g cova⁻¹ de sulfato de amônio (NH₄SO₄²⁻), em coveta lateral distante 20 cm da cova.

O experimento foi implantado em área de 2 ha, sendo 1 ha destinado para cada tratamento. Foram demarcadas cinco parcelas em cada tratamento. Cada parcela possui 400 m², composta por 40 indivíduos arbóreos.

5.3. Amostragem das árvores

Vinte árvores foram coletadas nos diferentes sistemas de cultivo, totalizando quarenta árvores (Tabela 1).

Tabela 1. Informação básica sobre as árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* (média e desvio padrão $\pm$) avaliadas nos dois sistemas de cultivo.

	Nº/ha	E (m)	AT (m)	AC (m)	DAP (cm)
Monocultivo	1000	5,0 x 2,0	13,15 $\pm$ 1,24	11,26 $\pm$ 1,51	11,56 $\pm$ 0,83
SAF	1000	5,0 x 2,0	13,47 $\pm$ 1,00	11,26 $\pm$ 1,00	11,68 $\pm$ 0,70

E = Espaçamento; Nº/ha = número de árvores por hectare; AT = Altura Total; AC = Altura Comercial; DAP = diâmetro a 1,30 m do solo; SAF's = Sistema Agroflorestal paricá, soja e milho.

Um disco de 15 cm de espessura foi retirado a 1,30 do solo de cada árvore. Deste disco foram obtidos corpos de prova para as análises anatômicas, determinação da densidade básica e para o ensaio mecânico de compressão paralela as fibras. Devido o pequeno diâmetro das árvores os corpos de prova foram obtidos em torno da circunferência do disco, sempre da posição mais externa próximo ao câmbio (Figura 2).

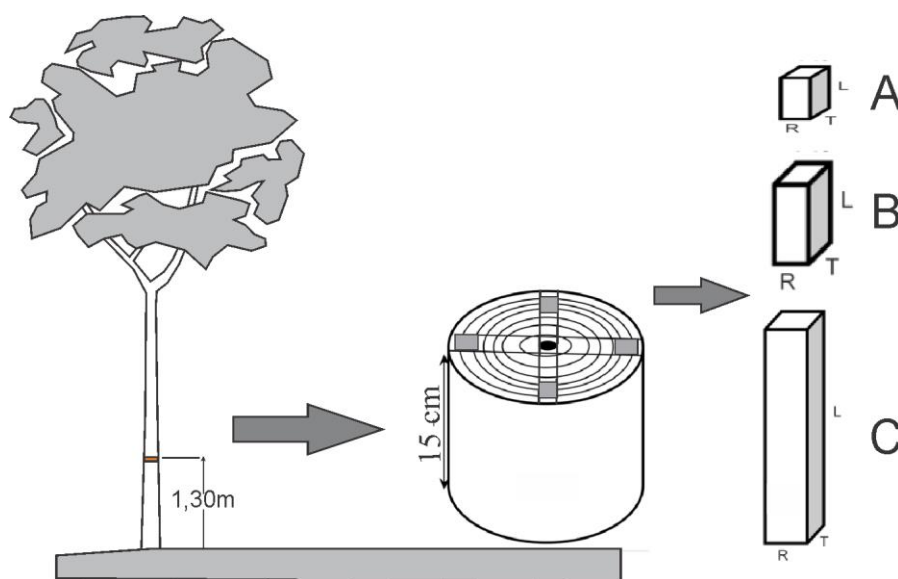


Figura 2. Esquema de preparação dos corpos de prova. R = radial, T = tangencial, L = longitudinal. A = anatomia 2,5 cm³, B = densidade básica 2,5 (R) x 2,5 (T) x 3 (L) cm, C = compressão paralela as fibras 2,5 (R) x 2,5 (T) x 10 (L) cm.

Para o estudo anatômico do lenho, a partir dos corpos de prova foram feitos cortes, em micrótomo de deslize, nos planos transversal, longitudinal tangencial e radial com espessura variando de 15 a 20 μ m. Os cortes histológicos foram branqueados com hipoclorito de sódio (60%), lavados com água e coradas com safranina 1% (Johansen 1940) e foram montados em lâminas permanentes, com resina sintética.

Para a individualização dos elementos anatômicos utilizou-se o método de maceração de Franklin (Franklin 1945, modificado por Kraus & Arduin 1997), o material macerado foi então corado com safranina aquosa 1%, para a preparação de laminas semipermanentes com glicerina 50% (Strasburger 1924). As medições realizadas seguiram recomendações da IAWA Committee (1989), foi fixado o número de 30 contagens e mensurações para cada parâmetro anatômico.

A caracterização anatômica foi realizada a partir da obtenção de imagens, utilizando microscópio de campo claro Olympus BX51 acoplado à câmera digital Evolution LC e software para análise de imagens (Image-Pro Plus version 4.5).

A densidade básica foi determinada seguindo procedimento de ensaio especificado pela NBR 11941 (ABNT, 2003), sendo a dimensão dos corpos de prova foi de 2 x 2 x 3 cm livres de defeitos e perfeitamente orientados.

As propriedades mecânicas testadas foram o módulo de ruptura (f_{co}), módulo de elasticidade (E_{co}) na resistência à compressão paralela às fibras. O ensaio

mecânico foi feito em máquina universal de ensaios EMIC DL3000 e seguiu as especificações da norma ASTM D143-93.

5.4. Coleta e processamento das amostras de solo

Para a caracterização química do solo foram coletadas quatro amostras simples para compor uma amostragem completa para cada árvore as quais foram retiradas aproximadamente 5 cm de distância da base de cada árvore, nos pontos norte, sul leste e oeste, na profundidade de 0 – 10 cm. Após a secagem das amostras ao ar, estas foram peneiradas em malhas de 2 mm e então conduzidas para determinação dos atributos químicos do solo.

Foram determinados os seguintes atributos químicos: pH em água; extraíram-se os cátions trocáveis em cloreto de potássio 1 mol L^{-1} , sendo quantificados (Ca^{2+} e Mg^{2+}) e (K^{+}); a acidez trocável (Al^{3+}), foi extraída com cloreto de potássio 1 mol L^{-1} e quantificada hidróxido de sódio; a acidez potencial ($\text{H}^{+} + \text{Al}$) foi extraída com acetato de cálcio 0,5 N a pH 7,0 e quantificada por titulometria com hidróxido de sódio; o fósforo disponível (P) foi extraído com Mehlich I, o carbono (C) e nitrogênio (N) total determinados no analisador elementar, também determinou-se a concentração dos micronutrientes no solo, B, Cu, Fe, Mn, Zn. Todos os procedimentos citados seguiram metodologia preconizada pela Embrapa (EMBRAPA, 2009).

5.5. Análise dos dados

Os resultados da análise química do solo, das propriedades anatômicas, físicas e mecânicas da madeira, foram comparados estatisticamente visando identificar variações significativas como efeito do sistema de cultivo adotado. Os dados foram analisados utilizando “modelos lineares generalizados - GLM para medidas repetidas”. As propriedades avaliadas que apresentaram valores contínuos foram ajustadas a GLM assumindo distribuição gaussiana (nos casos em que a variável passou no teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância para a normalidade) ou distribuição gama (no caso de falha de normalidade no teste de Shapiro-Wilk). Especificamente os parâmetros anatômicos que produziram valores discretos (frequência de vasos e raios) ajustou-se GLM usando a distribuição de Poisson. As médias foram então comparadas por contraste de modelos por meio do Teste LSMeans para comparações múltiplas. Todos os GLMs foram submetidos à análise

residual, de forma a avaliar a adequação da distribuição de erros (CRAWLEY, 2002). Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o software R, versão 3.0.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6. 1. Atributos químicos do solo

A Tabela 2 mostra o efeito do sistema de cultivo sobre os níveis de nutrientes do solo entre os tratamentos avaliados. Observou-se que entre os macronutrientes somente fósforo, cálcio e magnésio apresentaram variação estatísticas significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos avaliados, enquanto para os micronutrientes com exceção de cobre e manganês, não houve efeito significativo do sistema de cultivo sobre os demais micronutrientes analisados (Tabela 2).

Tabela 1. Comparação das médias entre os valores encontrados na análise do solo para o monocultivo e sistema agroflorestal de *S. parahyba* var. *amazonicum*.

Nutrientes do Solo	Média (kg/ha)	Desvio padrão	Erro padrão	F-valor	p-valor
Nitrogênio (N)					
MNp	2532,0 ^a	363,29	81,23	2,9072	0,0963
SAFpsm	2724,5 ^a	350,63	78,40		
Fósforo (P)					
MNp	17,89 ^a	8,97	2,00	1,1549*	0,0285
SAFpsm	25,48 ^b	10,09	2,95		
Potássio (K)					
MNp	89,04 ^a	16,95	3,79	0,0146*	0,5252
SAFpsm	92,51 ^a	17,58	3,93		
Enxofre (S)					
MNp	9,31 ^a	1,82	0,40	0,1788*	0,1986
SAFpsm	8,15 ^a	3,44	0,76		
Cálcio (Ca)					
MNp	506,41 ^a	216,16	48,33	0,6376*	0,0236
SAFpsm	652,10 ^b	168,75	37,73		
Magnésio (Mg)					
MNp	152,92 ^a	46,30	10,35	0,4136*	0,0291
SAFpsm	187,44 ^b	53,72	12,01		
Boro (B)					
MNp	0,55 ^a	0,15	0,03	3,0692	0,0878
SAFpsm	0,47 ^a	0,12	0,02		
Cobre (Cu)					
MNp	1,66 ^a	0,37	0,08	0,2589*	0,0149
SAFpsm	1,95 ^b	0,36	0,08		
Ferro (Fe)					

MNp	123,80 ^a	45,96	10,27		
SAFpsm	134,60 ^a	26,19	5,85	0,8334	0,3670
Manganês (Mn)					
MNp	1,61 ^a	0,86	0,19		
SAFpsm	3,15 ^b	1,14	0,25	4,4226*	4,61x10 ⁻⁰⁶
Zinco (Zn)					
MNp	0,87 ^a	0,43	0,09		
SAFpsm	1,08 ^a	0,30	0,06	0,466*	0,0912

Amostragem na camada de 0 cm - 10 cm do solo. MNp= monocultivo de paricá; SAFpsm = sistema agroflorestal de paricá + soja + milho. Valores com letras diferentes entre as linhas de um mesmo nutriente indicam diferenças significativas ao nível de 5% de significância. (*) indicam valores que os ajustes lineares generalizados (GLM's) foram feitos assumindo distribuição de probabilidade *Gamma* ou Poisson (χ^2) dependendo se, valores contínuos ou discretos.

De forma geral, a adoção do sistema agroflorestal de paricá e soja, alternada com milho (SAFpsm), promoveu ganhos significativos de nutrientes no solo em comparação ao monocultivo de paricá (MNp). O SAF apresentou níveis significativamente maiores (Tabela 2) de P (42,4%), de Ca (28,8%), de Mg (22,6%), de Cu (17,5) e Mn (95,7%) em comparação ao solo do monocultivo. A maior concentração de P observado no SAFpsm neste experimento, foi reportado também por Wilton et al. (2017) para o SAF de Salgueiro (*Salix* spp.) com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e batata (*Solanum tuberosum* L.) comparativamente ao solo do cultivo das cultura agrícolas sozinhas, segundo os autores a adoção de SAF principalmente combinando plantas lenhosas com culturas agrícolas, são importantes no fornecimento de alimentos e ao melhorar a qualidade nutricional do solo fornecem serviços ecossistêmicos importantes.

Rodrigues et al. (2016) diferente do observado neste estudo, verificaram maior teor de N no solo em um SAF de paricá (*S. parahyba* var. *amazonicum*) x puerária (*Pueraria phaseoloides*) comparativamente ao monocultivo de paricá (*S. parahyba* var. *amazonicum*).

Martorano et al. (2016) avaliaram a produtividade da soja e o crescimento de paricá no primeiro ano antes da alternância com milho, na mesma área experimental desta pesquisa e observaram aumento significativo no crescimento do paricá e da produtividade da soja em comparação ao monocultivo de ambas as culturas, os autores não avaliaram os atributos químicos do solo, mas relacionam esses resultados as características de simbiose dessas espécies com Proteobacterias (família Rhizobiaceae; BARAL et al., 2016) que mantém e melhoram a fertilidade do

solo a partir do fornecimento de N fixado. Nesta pesquisa realizou-se a coleta do solo e da madeira no terceiro ano após a instalação do experimento, e após também a colheita do milho (*Zea mays* L.), assim é possível que devido à alta demanda nutricional, principalmente da soja e do milho que são culturas agrícolas que tem as mais elevadas taxas de necessidade de fertilizantes do solo (LACERDA et al. 2015), alguns nutrientes, como o N que é mais demandado para o desenvolvimento do vegetal, não estejam mais disponíveis no solo e sim já terem sido metabolizados e já integrados a composição de tecidos e órgãos desses vegetais (caule, folhas, grãos, etc).

Zhang et al. (2016) estudaram o consórcio de trigo, cevada e milho comparativamente aos seus respectivos monocultivos e observaram que os consumos máximos acumulados de N, P e K (kg.ha^{-1}) foram maior no sistema consorciado que em comparação ao monocultivo, verificaram também que no caso do milho absorção acumulada máxima de N e P (mas não de K) consorciado foi significativamente maior do que a absorção desses mesmos nutrientes pelo milho no monocultivo e, ainda no consorcio os autores observaram que absorção desses nutriente pelo milho, aumentou rapidamente após a colheita do trigo e da cevada.

6.2. Densidade e propriedades mecânicas da madeira de *S. parahyba* var. *amazonicum* entre os sistemas de cultivo

A Figuras 3 ilustra o efeito do sistema de cultivo adotado sobre a densidade e o módulo de ruptura e de elasticidade na compressão paralela da madeira de *S. parahyba* var. *amazonicum*. Observou-se que a densidade básica ($\chi^2 = 0,3342$, $p = 3,12 \times 10^{-6}$, $DF = 1$) e o módulo de ruptura (f_{co}) ($\chi^2 = 3.3851$, 0.0229 , $DF = 1$) apresentaram variação estatística significativa entre os tratamentos avaliados, mas não houve efeito significativo para o módulo de elasticidade (E_{co}) ($F = 1.8705$, $p = 0.1795$, $DF = 1$).

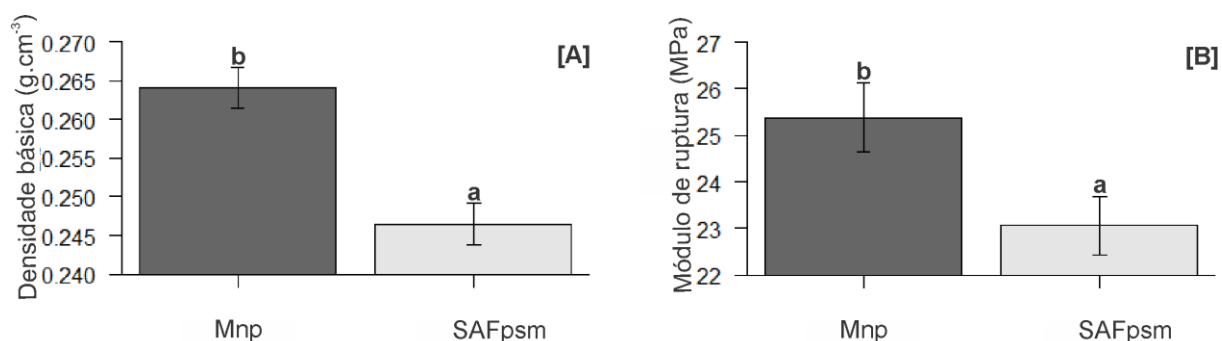


Figura 2. Comparação de médias da densidade básica (A) e do módulo de ruptura (B) da madeira de *S. parahyba* var. *amazonicum* entre os sistemas de cultivos avaliados. MNp= monocultivo de paricá; SAF = sistema agroflorestal de paricá + soja + milho. Valor es com letras diferentes indicam diferenças significativas ao nível de 5% de significância.

O valor observado para a densidade básica ($0,26 \text{ g.cm}^{-3}$ e $0,24 \text{ g.cm}^{-3}$) para o modulo de ruptura a compressão paralela ($25,37 \text{ MPa}$ e $23,06 \text{ MPa}$) do monocultivo e do SAF, respectivamente, são semelhantes ao relatado por Vidaurre et al. (2018) para a madeira juvenil de *S. parahyba* var. *amazonicum* de cinco anos de idade quanto a densidade básica ($0,26 \text{ g.cm}^{-3}$) e pouco superior quanto ao módulo de ruptura na compressão paralela ($20,5 \text{ MPa}$).

Observou-se que a madeira do monocultivo apresentou densidade e módulo de ruptura na compressão paralela superior à do SAF. No MNp a densidade básica foi de $0,26 \text{ g.cm}^{-3}$ enquanto no SAFpsm o valor foi de $0,24 \text{ g.cm}^{-3}$, redução percentual de 8,3%. Para o módulo de ruptura da madeira do MNp foi de $25,37 \text{ MPa}$ e do SAFpsm foi de $23,06 \text{ MPa}$ que representou aumento de 10%, apesar da pequena redução percentual entre as médias as propriedades diferiram estatisticamente entre os tratamentos.

São poucos os trabalhos disponíveis que avaliaram o efeito da adoção de sistema integrados de cultivo com espécies florestais sobre a qualidade da madeira produzida. Diferentemente do observado neste experimento, DeBell et al. (2002) informaram que o consórcio de *Eucalyptus saligna* + *Albizia* spp. (espécie lenhosa fixadora de nitrogênio) aumentou do diâmetro médio do caule de *Eucalyptus* em 37% sem no entanto alterar a densidade da madeira.

Em SAF's as alterações nos atributos químicos e físicos do solo são esperadas para acontecer, e são um dos principais fatores que influenciam as características de crescimento das culturas integradas no sistema (SISI et al. 2012; RODRIGUES et al. 2016; PINTO et al. 2017; WILTON et al. 2017). Assim as diferenças químicas do solo encontradas neste estudo são úteis para explicar algumas das variações observadas nas propriedades da madeira entre os sistemas

de cultivos avaliados. Visto que neste experimento as variáveis espaçamento entre árvores e idade foram fixadas, assim tanto o monocultivo quanto o SAF diferiram somente quanto a presença da cultura integrada e adubação do solo.

De forma geral os trabalhos reportam que a fertilização do solo afeta de forma positiva as características de crescimento das árvores (CAIONE et al. 2012; MARTORANO et al. 2016) mas tem efeito negativo ou simplesmente não influencia a densidade da madeira (BARBOSA et al. 2014; CASTRO et al. 2017; ASSIS et al. 2018).

Thomas et al. (2006) observaram que a densidade da madeira de *Eucalyptus grandis* reduziu de 0,52 para 0,38 g.cm⁻³ a partir do aumento de 3 para 70 mg kg⁻¹ de P no solo e que o acréscimo de P a partir dessa dosagem promoveu somente aumento da altura, diâmetro e volume do caule sem alterar a densidade do lenho. Para este estudo, observou-se que dentre os macronutrientes que evidenciaram diferenças estatísticas significativas entre o solo do MNp e do SAFpsm o P foi o de diferença mais acentuada, pois sua concentração foi 42% maior no solo SAFpsm em comparação o MNp.

O P tem papel de similar importância ao do N para o metabolismo vegetal, pois é um nutriente limitante para a produção de biomassa nos ecossistemas terrestres, incluindo florestas naturais (FISHER et al. 2012) e plantações florestais (TRUAX et al., 2012).

Recentemente, foi provado que o crescimento e desenvolvimento de *Eucalyptus globulus* foi melhorado com o aumento do suprimento de P no solo, pois resultou em maior conteúdo de ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase (Rubisco), maior fotossíntese líquida, maior condutância interna para CO₂, maior taxa de carboxilação na fotossíntese, maior transporte de elétrons e maior uso de triose fosfatos (WARREN, 2011) o que indica que o P, além do N, é o nutriente mais importante que restringe o crescimento do vegetal (NETZER et al. 2018). Assim, como não foram observadas diferenças significativas para a concentração de N entre os sistemas, é possível que a menor oferta de P no solo do MNp tenha levado a redução de investimento em crescimento e desenvolvimento das árvores.

Martorano et al. (2016) informaram para o mesmo experimento que aos 2 anos de idade as árvores de paricá do MNp, tinham 2,95 cm de diâmetro e 2,76 m de altura, enquanto no SAFpsm, o paricá tinha 4,20 cm de diâmetro e 3,21m altura. Dessa forma a maior densidade do lenho do MNp pode estar relacionada a menor

concentração de P no solo, pois o fornecimento de P limita a atividade cambial e a produção de novas células, assim uma maior proporção de assimilados torna-se disponível para espessamento da parede das células levando ao aumento da densidade da madeira (LARSON et al., 2001; THOMAS et al., 2006).

As propriedades de resistência e rigidez da madeira são propriedades de particular interesse para a indústria madeireira, principalmente porque influenciam a qualidade da madeira serrada e logo, o valor do produto final. A densidade é relatada como uma das propriedades que melhor prediz as demais propriedades da madeira principalmente relacionando-se aos valores do módulo de ruptura (MOR) e de elasticidade (MOE) da madeira, sendo estes comumente influenciados positivamente pela densidade (UETIMANE e ALI, 2011; HEIN e BRANCHERIAU, 2018), assim, o aumento do módulo de ruptura na compressão paralela as fibras, observado na madeira do MNp pode ser explicada pelo maior valor da densidade básica da madeira desse tratamento.

Apesar do efeito não significativo, o valor médio do módulo de elasticidade também foi maior no MNp 2048,1 (erro padrão = 144,2) MPa em comparação ao SAFpsm 1824,8 (erro padrão = 76,4) MPa, mas talvez a elevada variabilidade das médias entre as árvores não tenha evidenciado diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. Dessa forma pode-se dizer, que pelos valores mais elevados de densidade básica, MOR e MOE observados na madeira das árvores do MNp este tratamento é o que produz madeiras de maior resistência e rigidez mecânica.

6.3. Características anatômicas da madeira de *S. parahyba* var. *amazonicum* entre os sistemas de cultivo

A análise de variância indicou que o efeito do sistema de cultivo adotado foi significativo a 5% de significância somente para o diâmetro tangencial do lume dos vasos e para a frequência dos raios (Tabela 3).

Tabela 2. Comparação das médias dos parâmetros anatômicos avaliados da madeira de *S. parahyba* var. *amazonicum* entre o monocultivo e sistema agroflorestal.

Características anatômicas	Média	Desvio padrão	Erro padrão	F valor	p valor
Comprimento das fibras (µm)					
MNp	1045,15 ^a	61,65	13,78	0,5452	0,4648
SAFpsm	1030,52 ^a	63,61	14,22		
Largura da fibra (µm)					

MNp	29,88 ^a	3,37	0,75	0,0065	0,6763
SAFpsm	29,79 ^a	3,06	0,68		
Diâmetro do lume das fibras (µm)					
MNp	24,26 ^a	3,70	0,82	0,0025	0,9604
SAFpsm	24,21 ^a	3,64	0,81		
Espessura da Parede das fibras (µm)					
MNp	2,80 ^a	0,34	0,07	0,0093	0,9235
SAFpsm	2,79 ^a	0,40	0,09		
Frequência dos vasos (por mm²)					
MNp	2,99 ^a	0,84	0,15	0,4341*	0,51
SAFpsm	2,64 ^a	0,49	0,10		
Diâmetro tangencial do lume dos vasos (µm)					
MNp	170,66 ^a	11,82	2,64	7,5881	0,0089
SAFpsm	158,85 ^b	15,09	3,37		
Comprimento dos Elementos de vaso (µm)					
MNp	320,58 ^a	35,18	7,86	0,3157	0,5775
SAFpsm	313,6 ^a	42,91	9,59		
Frequência dos raios (por mm)					
MNp	6,43 ^a	1,42	0,31	5,7370	0,0216
SAFpsm	5,55 ^b	0,86	0,19		
Altura dos raios (µm)					
MNp	292,25 ^a	33,12	7,40	3,8497	0,0571
SAFpsm	274,61 ^a	22,80	5,09		
Largura dos raios (µm)					
MNp	37,58 ^a	3,61	0,80	0,0048*	0,673
SAFpsm	38,42 ^a	8,18	1,83		

MNp= monocultivo de paricá; SAFpsm = sistema agroflorestal de paricá + soja + milho. Valores com letras diferentes entre as linhas de um mesmo parâmetro anatômico indicam diferenças significativas ao nível de 5% de significância. (*) indicam valores que os ajustes lineares generalizados (GLM's) foram feitos assumindo distribuição de probabilidade *Gamma* ou Poisson (χ^2) dependendo se, valores contínuos ou discretos.

Grande parte das características anatômicas aqui descritas para madeira juvenil de paricá de ambos os tratamentos avaliados encontram-se próximas as médias observadas por Melo et al. (2018) para a madeira próximo da medula de árvores de *S. parahyba* var. *amazonicum* de nove anos de idade plantado em diferentes espaçamentos de plantio no estado do Pará, Brasil.

As alterações na dimensão e quantidades das células que compõem o lenho têm sido frequentemente descritas principalmente em relação aos fertilizantes de maior presença nos plantios comerciais, N-P-K, estes fertilizantes alteram as condições de crescimento das árvores e afetando também a qualidade da madeira. Porém os efeitos da adubação sobre a qualidade da madeira, principalmente de folhosas, são difíceis de prever, alguns estudos apontam aumento, outros, ao contrário, apontam declínio na qualidade da madeira dependendo do tipo e quantidade do fertilizante utilizado (BARBOSA et al. 2014; FREITAS et al. 2015;

ASSIS et al. 2018). Observou-se de forma geral que as características anatômicas da madeira de *S. parahyba* var. *amazonicum* foram pouco afetadas pelo sistema de cultivo adotado, foram observados valores estatisticamente maiores somente para o diâmetro tangencial do lume dos vasos e para a frequência dos raios, ambos na madeira das árvores do MNp (Figura 4).

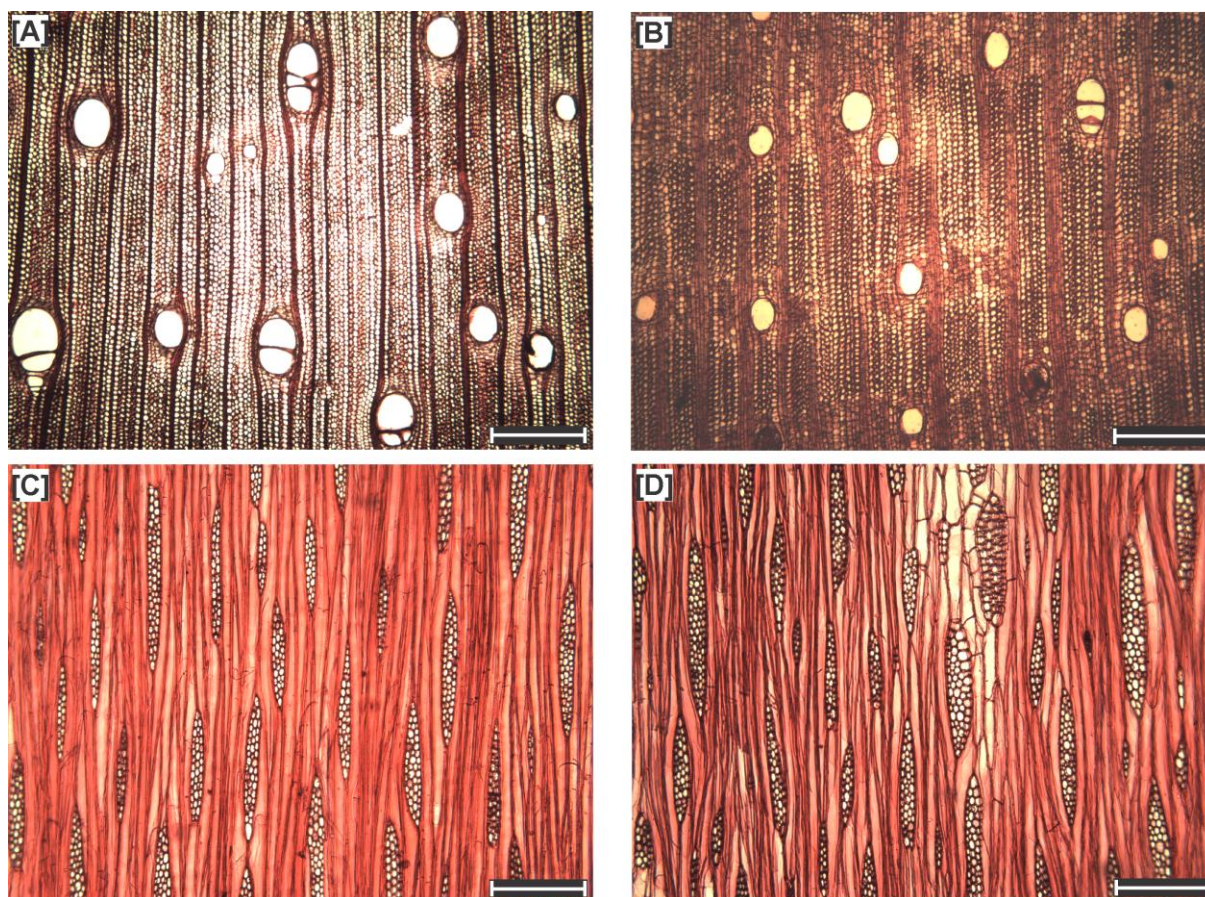


Figura 3. Microscopia de campo claro para espécie de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. Secção transversal do MNp (A) e do SAFpsm (B) evidenciando maior diâmetro tangencial do lume dos vasos no monocultivo de paricá. Secção longitudinal tangencial do MNp (C) e do SAFpsm (D) demonstrando maior frequência dos raios monocultivo de paricá. Barra de escala: 500 μ m (A, B); 200 μ m (C, D).

O diâmetro dos vasos foi afetado significativamente pelo sistema de cultivo, maior diâmetro no MNp e menor SAFpsm (170,66 μ m e 158,85 μ m respectivamente). Taghiyari e Efhami (2011) observaram que o SAF de *Populus nigra* var. *betulifolia* com alfafa (*Medicago sativa*) espécie fixadora de N frequentemente utilizada para melhorar qualidade nutricional do solo, influenciou no aumento do diâmetro tangencial do lume dos vasos (62,23 para 66,91 μ m) e da percentagem da área do lúmen dos vasos (27,93 para 35,28 %) em comparação ao monocultivo de *Populus nigra* var. *betulifolia*. Sette Jr et al. (2014) observaram que

as árvores cultivadas em solo com maior concentração de K produziram madeira com vasos de maior diâmetro tangencial.

Estes resultados diferem dos encontrados para este trabalho, talvez porque a concentração de N e também K não tenha diferido estaticamente no solo entre sistemas de cultivos avaliados, assim a maior presença ou ausência de outros componentes químicos do solo podem ter levado ao maior diâmetro tangencial do lume dos vasos no MNp.

As alterações na dimensão e quantidade dos vasos no lenho durante o crescimento das árvores tem efeito na condutividade hidráulica no interior do fuste e reflete nos aspectos biomecânicos. Schuldt et al. (2013) e Zhao (2016) explicaram que durante o crescimento, a árvore ajusta sua estrutura anatômica alterando, por exemplo, a dimensão e a frequência dos vasos, para maximizar a condutividade hidráulica minimizando assim a vulnerabilidade do xilema e garantindo a segurança mecânica ao fuste. Carlquist (1966) foi um dos primeiros a provar que o maior diâmetro e a menor frequência são padrões anatômicos associados à eficiente condução de água esperados para ocorrer em espécies de ambientes com boa disponibilidade de água no solo.

Para a madeira de Angiospermas, no entanto, o diâmetro tangencial do lume dos vasos é mais impactante sobre a condutividade, pois a condutividade hidráulica no fuste é proporcional ao raio do vaso elevado a quarta potência, o que indica que mesmo um ligeiro aumento no raio do vaso promove a um enorme aumento na capacidade de transportar a seiva (Zimmerman, 1983; February e Manders, 1999).

Dessa forma, sugere-se que a presença de vasos de maior diâmetro na madeira das árvores do MNp indica eficiência no transporte de água no fuste dessas árvores, talvez pela ausência de competição com as outras culturas, e também que o sistema de cultivo adotado pode influenciar o grau de condutividade hidráulica no lenho das árvores, seja pela interação entre as culturas integradas ou como resposta aos diversos efeitos sobre as características da madeira que a adubação diferenciada do solo do SAF promoveu em comparação ao monocultivo.

No entanto, não foram encontrados estudos que abordam especificamente o efeito do sistema de cultivo adotado em plantações florestais sobre as características das células de raio da madeira, mesmo os aqueles que abordam a influência do grau de fertilização do solo sobre a qualidade da madeira, comumente restringem-se ao estudo da dimensão e quantidade de fibras e vasos.

Essa ressalva, no entanto não reduz a importância do estudo destas células para a determinação da qualidade da madeira de folhosas, além de sua função já estabelecida de reserva, transformação de substâncias nutritivas e transporte radial de água, açúcar e outros nutrientes no fuste (O'BRIEN et al. 2014; PLAVCOVÁ & JANSEN 2015), foi demonstrado recentemente o importante papel dos raios sobre as características biomecânica dos fustes.

Rahman et al. (2005) demonstraram interação positiva e estatisticamente significativa da largura e quantidade de raios com a densidade e resistência a compressão radial na madeira de teca (*Tectona grandis*) e Zheng et al. (2013) sugerem que quantidades maiores de tecido radial evoluíram para o maior apoio mecânico do caule.

Observou-se que as árvores do MNp produziram madeira de maior densidade básica e maior módulo de ruptura, assim a presença de raios mais frequentes na madeira dessas árvores corrobora o entendimento de que a maior proporção de raios no lenho destas árvores esta associada a maior densidade e resistência mecânica do caule (BURGERT & ECKSTEIN 2001; RAHMAN et al. 2005; ZHENG et al. 2013).

Sobre o aspecto tecnológico, pode-se estabelecer alguns parâmetros de qualidade para a madeira a partir dos resultados encontrados entre a madeira produzida no MNp e no SAFpsm aos três anos de idade. Albino et al. (2012) observaram correlação positiva entre o diâmetro dos vasos, comprimento, espessura da parede e largura das fibras bem como largura dos raios em número células com a tensão de ruptura em cisalhamento na linha de cola. Simith et al. (2002) e Singh & Dawson (2004) relataram o efeito positivo dos raios com a penetração e aderência do adesivo a madeira.

Segundo Monteiro et al. (2017), a dimensão e a quantidade de vasos, tem efeito significativo sobre a secagem da madeira pois afeta o fluxo da água adsorvida e livre, elementos de vaso de maior comprimento e diâmetro tangencial melhoram o fluxo de água livre e reduzem a movimentação da água adsorvida durante a secagem da madeira.

Taghiyari e Efhami (2011) demonstraram que SAF de *Populus nigra* var. *betulifolia* com alfafa produziu madeira com vasos de maior dimensão o que levou a melhorias significativas da permeabilidade longitudinal da madeira, favorecendo o processo industrial de impregnação da madeira. Esses resultados associados a

ganhos significativo da densidade da madeira do MNp, indicam que este sistema de cultivo com três anos de idade, produziu madeira com características tecnológicas mais interessantes para a indústria de processamento, principalmente indústria de painéis compensado.

7. CONCLUSÃO

O Sistema agroflorestal de paricá com soja, alternado com milho, induziu produção de madeira de menor densidade e resistência mecânica a compressão paralela as fibras. Anatomicamente, a madeira apresentou a produção de vasos de menor diâmetro tangencial e menor quantidade de raios em árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* três anos de idade.

As principais alterações nas propriedades da madeira, principalmente físico/mecânica, estão relacionadas à maior concentração de P no solo do SAF que é informado para ter forte influência sobre crescimento das árvores e a atividade cambial.

Recomendações:

Mais estudos para determinar o tipo de cultura e rotação de cultura mais adequada para integrar o SAF com paricá, considerando principalmente competição, disponibilização e absorção de nutrientes do solo, características da adubação aplicada ao solo.

Realizar acompanhamento e monitoramento em maiores idades das propriedades da madeira produzidas pelas árvores nos dois sistemas de cultivo, pois câmbio responde de forma sazonal aos estímulos externos, bem como é informado para sofrer modificações significativas ao longo do desenvolvimento das árvores, podendo alterar os padrões observados neste estudo para a madeira das árvores em idades mais avançadas.

8. REFERÊNCIAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. (2013). Anuário Estatístico Abraf 2013. Recuperado de <http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-ABRAF13-BR.pdf>

ALBINO, V.C.S.; MORI, F.A.; MENDES, L.M. Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na qualidade da colagem. *Ciência Florestal*, v. 22, n. 4, 2012.

ALBUQUERQUE, C. E. C.; LATORRACA, J. V. F. Influência das características anatômicas da madeira na penetração e adesão de adesivos. *Floresta e Ambiente*, v. 7, n. 1, p. 158-166, 2000.

ALVAREZ-CLARE, S.; MACK, M. C., BROOKS, M.: A direct test of nitrogen and phosphorus limitation to net primary productivity in a lowland tropical wet forest, *Ecology*, 94, 1540–1551, 2013.

AMORIN, P. G. R.; GONÇALVES, J. C.; CAMARGOS J. A. A. Propriedades da madeira de *Pinus caribaea* e *Eucalyptus grandis* estimadas por colorimetria. *Revista Cerne*, Lavras, v. 19, n. 3, p. 461-466, 2013.

ASSIS, C. O.; TRUGILHO, P. F.; GOULART, S. L.; ASSIS, M. R. D.; & BIANCHI, M. L. Effect of Nitrogen Application on the Production and Quality of Wood and Charcoal from a Hybrid of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. *Floresta e Ambiente*, v. 25, n. 1, 2018.

Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. Compensados de paricá: Conceito e característica de uma nova alternativa. Curitiba, 2015.8p. Disponível em: < <http://www.abimci.com.br/wp-content/uploads/2015/12/parica-para-site.pdf>>. Acesso em: 01 mai., 2017.

ATHANÁZIO-HELIODORO, Julia Carolina. Qualidade da madeira de árvores de guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (vell.) blake) com 15 anos provenientes de área de recuperação florestal. 2015.

BALDWIN, RICHARD F. Plywood manufacturing practices. Freeman, 1981.

BARBOSA, B. M., COLODETTE, J. L., CABRAL, C. P. T., GOMES, F. J. B., & SILVA, V. L. Efeito da fertilização na qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp. *Scientia Forestalis*, v. 42, n. 101, p. 29-39, 2014.

BARBOSA, B. M., COLODETTE, J. L., CABRAL, C. P. T., GOMES, F. J. B., SILVA, V. L.. Efeito da fertilização na qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp. 2014.

BARLOW, Jos et al. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature*, v. 535, n. 7610, p. 144, 2016.

BARNEBY, R. C. Neotropical Fabales at NY: asides and oversights. *Brittonia*, v.48, n.2, p.174-187, 1996.

BERGER, R., SCHNEIDER, P. R., FINGER GUIMARÃES, C. A., HASELEIN, C. R. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. *Ciência Florestal*, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BIAGIOTTI, G., VALERI, S. V., CRUZ, M. C. P., VASCONCELOS, R. T. Potassium fertilization in plantation of *Corymbia citriodora* (Hook.) KD Hill & LAS Johnson. *Scientia Forestalis*, v. 45, n. 113, p. 129-137, 2017.

BRIENZA JÚNIOR, S.; KITAMURA, P. C.; DUBOIS, J. Considerações biológicas e econômicas sobre um sistema de produção silvo-agrícola rotativo na região do Tapajós. Embrapa Amazônia Oriental-Séries anteriores (INFOTECA-E), 1983.

BUDOWSKI, G. Los sistemas agroforestales en Centro América. HEUVELDOP, J. LAG EMANN, J. Agroforesteria. Turrialba, CATIE, p. 15-24, 1984.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. Anatomia da madeira. São Paulo: Nobel, 1991.

CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L.. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, p. 213-221, 2012.

CARLQUIST, SHERWIN. Wood anatomy of Compositae: a summary, with comments on factors controlling wood evolution. *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*, v. 6, n. 2, p. 25-44, 1966.

CARNEIRO, A. D. C.O., CASTRO, A. F. N. M., CASTRO, R. V. O., SANTOS, R. C., FERREIRA, L.P.F, PEREIRA DAMÁSIO, R. A.P., & VITAL, B.R. (2014). Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. *Revista Árvore*, 38(2).

CASTRO, V.R.; SURDI, P. G.; SETTE JUNIOR, C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; CHAIX, G.; LACLAU, J. P. Efeito da aplicação do potássio, do sódio e da disponibilidade hídrica na densidade aparente a 12% de umidade do lenho juvenil de árvores de *Eucalyptus grandis*. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 3, 2017.

CORDEIRO I. M. C. C., BARROS P. L. C., LAMEIRA O. A., GAZEL FILHO A. B. Avaliação de plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby de diferentes idades e sistemas de cultivo no município de aurora do Pará - Pa (Brasil). *Cienc Florest*. v. 25, n. 3, p. 679-687, 2015.

CORDEIRO, I. M. C. C. Comportamento de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby e *Ananas comosus* var. *erectifolius* (LB Smith) Coppins & Leal sob diferentes sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará (PA). 2007. 115 f. 2007. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias)–Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.

CORDEIRO, I. M. C. C.; BARROS, P. L. C.; LAMEIRA, O. A.; FILHO, A. B. G. VALIAÇÃO DE PLANTIOS DE PARICÁ (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby DE DIFERENTES IDADES E SISTEMAS DE CULTIVO NO MUNICÍPIO DE AURORA DO PARÁ-PA (BRASIL). *Ciência Florestal*, v. 25, n. 3, p. 679-687, 2015.

CRAWLEY, Michael J. Statistical computing: An introduction to data analysis using. 2002.

CUTTER, B. E., MURPHEY, W. K. Effects of potassium on growth and wood anatomy of a *Populus* hybrid. *Wood and Fiber Science*, v. 9, n. 4, p. 282-288, 1978.

DEBELL, DEAN S.; KEYES, CHRISTOPHER R.; GARTNER, BARBARA L. Wood density of *Eucalyptus saligna* grown in Hawaiian plantations: effects of silvicultural practices and relation to growth rate. *Australian Forestry*, v. 64, n. 2, p. 106-110, 2001.

DEBELL, J. D., GARTNER, B. L., DEBELL, D. S. Fiber length in young hybrid *Populus* stems grown at extremely different rates. *Canadian journal of forest research*, v. 28, n. 4, p. 603-608, 1998.

DÉTIENNE, P.; JACQUET, P. Atlas d'identification des bois de l'Amazonie et des régions voisines. 1983.

DIAS, A. C. C. Qualidade da madeira e divergência genética de *Araucaria angustifolia* (Bertoni) O. ktze. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2009. 20p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema agroflorestal perspectivas para o sistema silvipastoris, 2011. Disponível em < <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/safs/index.htm>>, acesso em: 29 Abr. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª ed. Revisada e Ampliada. – Brasília, DF: Embrapa, 353p. 2013.

ESPINOZA DE PERNÍA, N.; MELANDRI, J. L. Wood anatomy of the tribe Caesalpinieae (Leguminosae, Caesalpinioideae) in Venezuela. IAWA JI, v. 27, n. 1, p. 99-114, 2006.

EUFRATE-JÚNIOR, BALLARIN, A. W., VILLAMAGUA-VERGARA, G. C., GUERRA, S. P. S. Effect of silvicultural management on wood density from short rotation forest systems. Maderas: Ciencia y Tecnologia, v. 19, n. 3, p. 285-292, 2017

FAO. High Level Expert Forum–How to Feed the World in 2050. 2009.

FEBRUARY, E.; MANDERS, P. Effects of water supply and soil type on growth, vessel diameter and vessel frequency in seedlings of three fynbos shrubs and two forest trees. South African Journal of Botany, v. 65, n. 5-6, p. 382-387, 1999.

FERNANDES P. C. C. Session 3 Integrated crop-livestock-forest systems in the Amazon: demands of environmental, social and economic development. Advances in Animal Biosciences, Addendum, v. 1, n. 02, p. e4, 2011.

FISHER, J. B.; BADGLEY, G.; BLYTH, E. Global nutrient limitation in terrestrial vegetation. Global Biogeochemical Cycles, v. 26, n. 3, 2012.

FRANKLIN, G. L. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. *Nature*, v. 155, n. 3924, p. 51, 1945.

FREITAS, P. D. C., SETTE JÚNIOR, C. R., CASTRO, V. R. D., CHAIX, G. C., LACLAU, J. P., & TOMMASIELLO FILHO, M. Efeito da disponibilidade hídrica e da aplicação de potássio e sódio nas características anatômicas do lenho juvenil de *Eucalyptus grandis*. 2015.

GAMA-RODRIGUES, A. C., MÜLLER, M., GAMA-RODRIGUES, A. C., BRANDÃO, I., SERÓDIO, M. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais na região tropical: Funcionalidade e sustentabilidade. *Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: Sustento da vida e sustento de vida*. Ilhéus, SBSAF/CEPLAC/UENF, p. 64-84, 2004.

GAZIEL FILHO, A. B., CORDEIRO, I., ALVARADO, J., & SANTOS FILHO, B. G. (2007). Produção de biomassa em quatro procedências de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby no estágio de muda. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(supl 2), 1047-1049.

GOMES, J. M., DE CARVALHO, J. O. P., DA SILVA, M. G., NOBRE, D. N. V., TAFFAREL, M., FERREIRA, J. E. R., & SANTOS, R. N. J. Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. *Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 2010.

HARVEY, Celia A.; VILLALOBOS, Jorge A. González. Agroforestry systems conserve species-rich but modified assemblages of tropical birds and bats. ***Biodiversity and Conservation***, v. 16, n. 8, p. 2257-2292, 2007.

HEIN, R. G.; BRANCHERIAU, L. Comparison between three-point and four-point flexural tests to determine wood strength of eucalyptus specimens. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, v. 20, n. 3, 2018.

HINCKLEY, T. M. XYLEM STRUCTURE AND THE ASCENT OF SAP-ZIMMERMAN, MH. 1984.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. (2017). Dados e Estatísticas. Recuperado de <http://iba.org/pt/dados-e-estatisticas>.

IBGE, Diretoria De Geociências. Mapa de vegetação do Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, 2004.

IWAKIRI, S., ALBUQUERQUE, C. E. C., MENDES, L. M., LATORRACA, J. V. F. Painéis de madeira aglomerada. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEF, p. 123-166, 2005.

IWAKIRI, S., VARGAS, C. A., PARCHEN, C. F. A., WEBER, C., BATISTA, C. C., GARBE, E. A., PRATA, J. G. Avaliação da qualidade de painéis compensados produzidos com lâminas de madeira de *Schizolobium amazonicum*. Floresta, v. 41, n. 3, 2011.

IWAKIRI, Setsuo et al. Produção de painéis laminados unidirecionais-LVL com lâminas de *Schizolobium amazonicum*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus taeda*. **Cerne**, v. 16, n. 4, 2010.

JOHANSEN, Donald Alexander. Plant microtechnique. McGraw-Hill Book Company, Inc.; London, 1940.

KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. Manual básico de métodos em morfologia vegetal. Seropédica: Edur, 1997.

LACERDA, J. J.J.; RESENDE, Á. V.; NETO, A. E. F.; HICKMANN, C.; CONCEIÇÃO, O. P. Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 50, n. 9, p. 769-778, 2015.

LARSON, P. R., KRETSCHMANN, D. E., CLARK, A. I., & ISEBRANDS, J. G. (2001). Formation and properties of juvenile wood in southern pines: a synopsis. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-129. Madison, WI: US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 42 p., 129.

LIMA, C. K. P, MORI, F.A, MENDES, L. M, CARNEIRO, A. D. C. O. Características anatômicas e química da madeira de clones de *Eucalyptus* e sua influência na colagem. *Cerne*, v. 13, n. 2, 2007.

LIMA, I. L. D., LONGUI, E. L., SANTINI JUNIOR, L., GARCIA, J. N., FLORSHEIM, S. M. B. Effect of fertilization on cell size in wood of *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden. *Cerne*, v. 16, n. 4, p. 465-472, 2010.

LOBÃO M. S. Dendrocronologia, fenologia, atividade cambial e qualidade do lenho de árvores de *Cedrela odorata* L., *Cedrela fissilis* Vell. e *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Hub. Ex Ducke, no estado do Acre, Brasil [tese]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2011. 216 p.

LOBÃO, M. S., COSTA, D. P., ALMONACID, M. A. A., TOMAZELLO FILHO, M. Qualidade do lenho de árvores de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, Acre, Brasil. 2012.

LOCATELLI, M., MELO, A. S., DE LIMA, L. M. L., VIEIRA, A. H. Deficiências nutricionais em mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 5, n. S2, p. pg. 648-650, 1988.

LOPES, M. D. F. Avaliação do comércio e da qualidade de painéis de madeira compensada na cidade de Manaus-AM. 2014.

LUTZ, J. F. Woody veneer: log selection, cutting and drying. USDA. Technical Bulletin. 1978.

MALAN, F. S. Variation, association and in heritance of juvenile wood properties of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden with special referente to the effect of rate of growth. *South African Forestry Journal*, Pretoria, v. 157, p. 16-23, 1991.

MALAN, F. S.; HOON, M. Effect of initial spacing and thinning on some wood properties of *Eucalyptus grandis*. *South African Forestry Journal*, Pretoria, v. 163, p. 13-20, 1992.

MARCATI, C. R., MILANEZ, C. R. D., MACHADO, S. R. Seasonal development of secondary xylem and phloem in *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Leguminosae:

Caesalpinioideae). Tree; v. 22, p. 3-12. [http:// dx.doi.org/10.1007/s00468-007-0173-8](http://dx.doi.org/10.1007/s00468-007-0173-8), 2008

MARQUES L. C.T. Comportamento inicial de paricá, tatajuba e eucalipto, em plantio consorciado com milho e capim-marandu, em Paragominas, Pará. 1990. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.

MARTORANO, L. G. et al. Estudos climáticos do estado do para, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thornthwaite, Mather). SUDAM, Belém, EMBRAPASNLCS, Rio de Janeiro, 1993.

MARTORANO, L. G., SIVIERO, M. A., MONTEIRO TOURNE, D. C., VIEIRA, S. B., FITZJARRALD, D. R., VETTORAZZI, C. A., LISBOA, L. S. S. Agriculture and forest: A sustainable strategy in the Brazilian Amazon. Australian Journal of Crop Science, v. 10, n. 8, p. 1136, 2016.

MELO, L. E. L., L.; SILVA, C. D. J; PROTÁSIO, T. D. P.; da Silva Mota, G., SANTOS, I. S.; URBINATI, C. V.; Trugilho, F. P.; MORI, A, F.. Planting density effect on some properties of *Schizolobium parahyba* wood. Maderas. Ciencia Y Tecnología, 20(3), 2018.

MELO, L. E. L., SILVA, C. D. J., PROTÁSIO, T. D. P., TRUGILHO, P. F., SANTOS, I. S., URBINATI, C. V. Influence of spacing on some physical properties of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke). Scientia Forestalis, v. 42, n. 104, p. 483-490. 2014.

MELO, R. R. D., MENEZZI, D., SOARES, C. H., PAVAN, B. E. RODOLFO JÚNIOR, F. Rotary peeling yield of *Schizolobium amazonicum* (Leguminosae-Caesalpinioideae). Acta Amazonica, v. 44, n. 3, p. 315-320, 2014.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. Cultivo de café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. Revista Árvore, v. 25, n. 3, p. 375-383, 2001.

MONTEIRO, T. C., LIMA, J. T., HEIN, P. R. G., DA SILVA, J. R. M., TRUGILHO, P. F., & ANDRADE, H. B. Efeito dos elementos anatômicos da madeira na secagem das toras de *Eucalyptus* e *Corymbia*. Scientia Forestalis, v. 24, 2017.

MONTEOLIVA, S. E.; VILLEGAS, M. S.; ACHINELLI, F. G. Short-term and long-term effects of weed control and fertilization on growth and wood anatomy of a *Populus deltoides* clone. *Forest Systems*, v. 24, 2015.

NASSUR, O. A. C. Variabilidade das propriedades tecnológicas da madeira *Toonaciliata* M. Roem com dezoito anos de idade. 2010. Tese de Doutorado. Master's Dissertation, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Tropical legumes: resources for the future. Washington: NAS, 1979. 331 p.

NETZER, F. et al. Phosphorus nutrition of *Populus* × *canescens* reflects adaptation to high P-availability in the soil. *Tree physiology*, v. 38, n. 1, p. 6-24, 2017.

O'BRIEN, Michael J. et al. Drought survival of tropical tree seedlings enhanced by non-structural carbohydrate levels. *Nature Climate Change*, v. 4, n. 8, p. 710, 2014.

OHASHI, S. T. VARIABILIDADE GENÉTICA E FENOTÍPICA ENTRE PROCEDÊNCIAS DE PARICÁ *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby VISANDO SELEÇÃO DE MATERIAIS GENÉTICOS PARA SISTEMAS AGROFLORESTAIS. 2005. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural da Amazônia.

OLIVEIRA, B. da S. Atributos físicos e biológicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, na Amazônia meridional. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso. 78 f. 2013.

OLIVEIRA, E. C.; PEREIRA, T. S. Morfologia dos frutos alados em leguminosae Caesalpinioidea *Martiodendron* Gleason, *Peltophorum* (Volgel) Walpers, *Sclerolobium* Vogel, *Tachigalia* Aublet e *Schizolobium* Vogel. *Rodriguesia*, v. 36, p. 35-42, 1984.

PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. *Caminhos de Geografia*, v. 13, n. 41, 2012.

PERNÍA, N. E.; MELANDRI, J. L.. Wood anatomy of the tribe Caesalpinieae (Leguminosae, Caesalpinioideae) in Venezuela. *IAWA Journal*, v. 27, n. 1, p. 99-114, 2006.

PINTO, L. S., MARTÍNEZ, M. A., ZURIMENDI, P. M., & JIMÉNEZ-FERRER, G.. Tree quality in agroforestry systems managed by small-scale mayan farmers in chiapas, Mexico. *Small-scale Forestry*, v. 16, n. 1, p. 103-118, 2017.

PLAVCOVÁ, Lenka; JANSEN, Steven. The role of xylem parenchyma in the storage and utilization of nonstructural carbohydrates. In: *Functional and ecological xylem anatomy*. Springer, Cham, 2015. p. 209-234.

REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V (Eds.). *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa: UFV, SOBRADE, 1998. p. 163-176.

REITZ, Raulino; KLEIN, Roberto M.; REIS, Ademir. *Projeto madeira do rio grande do sul*. Sellowia, 1983.

RODRIGUES, P.G.; RUIVO, M. D. L.P.;PICCININ, J. L.; JARDIM, M. A.G. Contribuição dos atributos químicos do solo no desenvolvimento vegetativo do paricá em diferentes sistemas de cultivo. *Ciência Florestal*, v. 26, n. 1, 2016.

ROSA, L. S., VIEIRA, T. A., SANTOS, D. S., SILVA, L. C. B. Emergência, crescimento e padrão de qualidade de mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke sob diferentes níveis de sombreamento e profundidades de semeadura. *Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 52, n. 1, p. 87-98, 2011.

SANTANA, A. C. *A competitividade sistêmica das empresas de madeira da Região Norte*. FCAP, 2002.

SCHULDT, Bernhard et al. Changes in wood density, wood anatomy and hydraulic properties of the xylem along the root-to-shoot flow path in tropical rainforest trees. *Tree physiology*, v. 33, n. 2, p. 161-174, 2013.

SELLERS, T. *Plywood and adhesive technology*. CRC Press, 1985.

SETTE JR, C. R., DEUS JR, J. C., TOMAZELLO FILHO, M., PÁDUA, F.A, CALIL, F. N., LACLAU, J. P. Alterações na qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação mineral. *Revista Cerne*, v. 20, n. 2, p. 251-258, 2014.

SETTE JÚNIOR, C. R., TOMAZELLO FILHO, M., DIAS, C. T. S., CHAGAS, M. P., LACLAU, J. P. Efeito da aplicação de potássio e sódio nas características do lenho de arvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill, aos 24 meses de idade. *Floresta*, v. 39, n. 3, 2009.

SILVA, A. K. L., VASCONCELOS, S. S., DE CARVALHO, C. J. R., & CORDEIRO, I. M. C. C. Litter dynamics and fine root production in *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* plantations and regrowth forest in Eastern Amazon. *Plant and soil*, v. 347, n. 1-2, p. 377-386, 2011.

SILVA, G. F., MENDONÇA, A. R., HOFFMANN, R. G., ZANETI, L. Z., CHICHORRO, J. F., FERREIRA, R. L. C. Rendimento em laminação de madeira de paricá na região de Paragominas, Pará. *Ciência Florestal*, v. 25, n. 2, p. 447-455, 2015.

SILVA, I. C. Sistemas Agroflorestais: conceitos e métodos. **Itabuna: SBSAF**, p. 19-20, 2013.

SINGH, Adya P.; DAWSON, Bernard SW. Confocal microscope—A valuable tool for examining wood-coating interface. *JCT research*, v. 1, n. 3, p. 235, 2004.

SISI, D. E., KARIMI, A. N., POURTAHMASI, K.; TAGHIYARI, H. R. The effects of agroforestry practices on fiber attributes in *Populus nigra* var. *betulifolia*. *Trees*, v. 26, n. 2, p. 435-441, 2012.

SMITH, Michael J.; DAI, Heming; RAMANI, Karthik. Wood–thermoplastic adhesive interface—method of characterization and results. *International journal of adhesion and adhesives*, v. 22, n. 3, p. 197-204, 2002.

SORANSO, D. R., VIDAURRE, G. B., OLIVEIRA, J. D. S., TOMAZELLO FILHO, M., DA SILVA, J. G. M., ARANTES, M. D. C. Physical and anatomical variability of *Khaya ivorensis* A. Chev. wood in different planting spacings. *Scientia Forestalis*, v. 44, n. 110, p. 519-526, 2016.

SOUZA, C. R., ROSSI, L. M. B., AZEVEDO, C. P., VIEIRA, A. H. Paricá: *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber x Ducke) Barneby. Embrapa Amazônia Ocidental-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2003.

SOUZA, C.C. Propagação vegetativa de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e Guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake) por miniestaquia. 2015.

TAGHIYARI, H. R.; EFHAMI, D. Diameter increment response of *Populus nigra* var. *betulifolia* induced by alfalfa. *Austrian Journal of Forest Science*, v. 128, n. 2, p. 113-127, 2011.

TEREZO, Rodrigo. Figueiredo, SZÜCS, Carlos. Alberto, DO VALLE, Ângela, SAMPAIO, Carlos. A. D. P., & Stüpp, Ângela. M. (2015). Propriedades da madeira de paricá em diferentes idades para uso estrutural. *Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)*, 6(3).

THOMAS, D. S.; MONTAGU, K. D.; CONROY, J. P. Why does phosphorus limitation increase wood density in *Eucalyptus grandis* seedlings?. *Tree physiology*, v. 26, n. 1, p. 35-42, 2006.

TIAN, D., LI, P., FANG, W., XU, J., LUO, Y., YAN, Z., FANG, J. Growth responses of trees and understory plants to nitrogen fertilization in a subtropical forest in China. *Biogeosciences*, v. 14, n. 14, p. 3461, 2017.

TOMAZELLO FILHO, M., LISI C. S., HANSEN, N., CURY, G. Anatomical features of increment zones in different tree species in the state of São Paulo, Brazil. *Scientia Forestalis*, v. 66, p. 46-55, 2004.

TOMAZELLO FILHO, Mario et al. Anatomical features of increment zones in different tree species in the State of São Paulo, Brazil. *Scientia Forestalis*, v. 66, p. 46, 2004.

TORRES, C. M. M. E., OLIVEIRA, A. C., PEREIRA, B. L. C., JACOVINE, L. A. G., OLIVEIRA, N., CARNEIRO, A. Estimates of production and properties of *Eucalyptus* wood in Agroforestry Systems. *Scientia Forestalis*, v. 44, n. 109, p. 137-148, 2016.

TRIANOSKI, Rosilani. Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada. 2012.

TRUAX B, GAGNON D, FORTIER J, LAMBERT F. Yield in 8 year-old hybrid poplar plantations on abandoned farmland along climatic and soil fertility gradients. *Forest Ecology and Management*, v. 267, p. 228-239, 2012.

TRUGILHO, Paulo Fernando; LIMA, José Tarcísio; MENDES, Lourival Marin. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. *Cerne*, v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.

UETIMANE JR, E.; ALI, A. C. Relationship between mechanical properties and selected anatomical features of ntholo (*Pseudolachnostylis maprounaefolia*). *Journal of Tropical Forest Science*, p. 166-176, 2011.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. Panorama de mercado: painéis de madeira. *Panorama de mercado: painéis de madeira*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 40, p. 323-384, 2014.

VIDAURRE, B. G.; VITAL, B. R.; OLIVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; MOULIN, J. C.; SILVA, J. G. M.; SORANSO, D. R. *Physical and mechanical properties of juvenile Schizolobium amazonicum* wood. *Revista Árvore*, v. 42, n. 1. 2018.

WARREN, Charles R. How does P affect photosynthesis and metabolite profiles of *Eucalyptus globulus*?. *Tree physiology*, v. 31, n. 7, p. 727-739, 2011.

WILTON, Meaghan J.; KARAGATZIDES, Jim D.; TSUJI, Leonard JS. Nutrient Concentrations of Bush Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivated in Subarctic Soils Managed with Intercropping and Willow (*Salix* spp.) *Agroforestry Sustainability*, v. 9, n. 12, p. 2294, 2017.

ZHANG, W. P., LIU, G. C., SUN, J. H., FORNARA, D., ZHANG, L. Z., ZHANG, F. F., & LI, L. Temporal dynamics of nutrient uptake by neighbouring plant species: evidence from intercropping. *Functional ecology*, v. 31, n. 2, p. 469-479, 2017.

ZHAO, Xiping. Spatial variation of vessel grouping in the xylem of *Betula platyphylla* Roth. *Journal of plant research*, v. 129, n. 1, p. 29-37, 2016.

ZOBEL, B. H.; VAN BUIJTENEN, J. P. Variation among and within trees. *Wood Variation: Its Causes and Control*. Springer-Verlag, New York, 363p, 198.



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia – CCNT
Curso de Graduação em Engenharia Florestal – *Campus VIII*
Av. Hileia, S/N, Agrópolis do Incra, Amapá
68502-100, Marabá - PA
www.uepa.br