

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

LUCAS RECLA LOMBARDI

ANÁLISE DA QUALIDADE DE MOIRÕES DE EUCALIPTO TRATADOS
COMERCIALIZADOS EM TRÊS MUNICÍPIOS DO SUL DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2010

LUCAS RECLA LOMBARDI

ANÁLISE DA QUALIDADE DE MOIRÕES DE EUCALIPTO TRATADOS
COMERCIALIZADOS EM TRÊS MUNICÍPIOS DO SUL DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2010

LUCAS RECLA LOMBARDI

ANÁLISE DA QUALIDADE DE MOIRÕES DE EUCALIPTO
TRATADOS COMERCIALIZADOS EM TRÊS MUNICÍPIOS DO SUL
DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

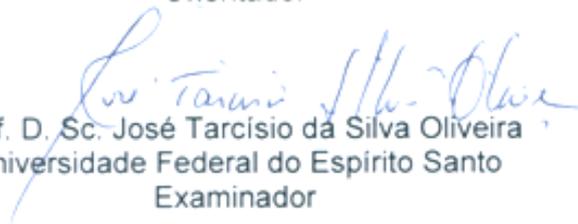
Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção
do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Aprovada em 19 de novembro de 2010.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. D. Sc. Juarez Benigno Paes
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. D. Sc. José Tarcísio da Silva Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador



Luciana Ferreira da Silva
Mestranda em Ciências Florestais
Examinadora

A Deus Pai todo poderoso, pelo dom da vida.

A meus pais, exemplo de vida e amor.

A minhas irmãs pelo apoio e carinho.

Aos amigos que me apoiaram, ajudaram e acreditaram no sucesso deste trabalho.

"Você pode dizer se um homem é inteligente por suas respostas. Você pode dizer que um homem é culto por suas perguntas."

Naguib Mahfouz

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de poder e glória, pela sabedoria, força e por iluminar o meu caminho.

A Universidade Federal do Espírito Santo, por minha formação acadêmica e ao Departamento de Engenharia Florestal por ceder equipamentos e laboratórios, tornando possível a realização desse trabalho, em especial a Professora Marina Donária Arantes Chaves e Professor Djeison Cesar Baptista, por todos os ensinamentos transmitidos.

A minha mãe, Lourdes, por reconhecer a importância da educação na minha vida; a meu pai, Jorge, fiel incentivador, estimulador e responsável por minha formação acadêmica.

Ao Professor Juarez Benigno Paes, pela orientação, disposição, amizade, estímulo e, sobretudo humildade nos momentos de dificuldade e apreensão, sendo capaz de transmitir seus conhecimentos e experiência, os quais serão levados ao longo da minha vida.

Ao Professor José Tarcísio da Silva Oliveira, pelo acompanhamento e conselhos fundamentais para fortificar a pesquisa e desenvolvimento laboratorial.

A minha namorada Danielle, pelo apoio, paciência e companheirismo.

Ao Laboratório de Espectrometria Atômica, Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Laboratório de Análises de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos, Solos e Plantas (LAFARSOL) da Universidade Federal do Espírito Santo, pela realização das leituras de cobre (LAFARSOL), cromo e arsênio (Laboratório de Espectrometria Atômica) componentes do produto utilizado no tratamento dos moirões, sendo parte fundamental para a execução desse trabalho.

Aos técnicos Antônio Carlos Alves Pinto (UFV), José Geraldo de Oliveira, Gilson Barbosa São Teago, Elecy Palácio Constantino e Alexandro José de Almeida (UFES) pelo apoio, compreensão e fundamental auxílio na preparação e condução dos testes laboratoriais.

Aos meus amigos da primeira turma do curso de Engenharia Industrial Madeireira, pelo companheirismo, ajuda, sensatez e superação diante das inúmeras dificuldades encontradas ao longo da graduação.

RESUMO

A pesquisa consistiu na análise da qualidade de moirões de eucalipto tratados, comercializados em três municípios do Sul do Estado do Espírito Santo. Para sua realização compararam-se a distribuição, penetração e retenção dos ingredientes ativos do preservante identificado (Arseniato de Cobre Cromatado - CCA) nos moirões, com os parâmetros norteadores das normas regulamentadoras. Em função da baixa durabilidade natural, a madeira de eucalipto é suscetível a ataques de organismos xilófagos, sendo os fungos, insetos e organismos marinhos os principais agentes deterioradores da madeira. Assim é necessário o tratamento da madeira para o aumento da vida útil em serviço, reduzindo o desmatamento e consumo de madeiras nativas. Dentre os processos de tratamento da madeira, destaca-se o de célula cheia (Bethell) como o principal método empregado no tratamento da madeira e o CCA como o principal preservativo hidrossolúvel para tratamento de moirões de eucalipto. A produção anual de moirões tratados no Brasil é de aproximadamente 40 milhões de unidades, representando 65% da madeira tratada nos Países. No entanto, a existência de empresas irregulares que atuam de forma irresponsável gera incertezas quanto à qualidade da madeira tratada, visto que, há relatos da substituição de peças tratadas com menos de seis anos de uso. Para a análise da qualidade da madeira tratada comercializada no Sul do Estado do Espírito Santo, foram adquiridos em estabelecimentos comerciais de Alegre, Cachoeiro de Itapemirim e Jerônimo Monteiro, moirões nos quais foram avaliadas a distribuição, penetração e a retenção dos elementos do preservativo empregado. A distribuição e a penetração foram avaliadas por meio de reações colorimétricas e a retenção por espectrofotometria de absorção atômica. De posse desses parâmetros, verificou-se que os moirões comercializados nos três municípios atendem a norma quanto à distribuição do produto preservativo. No entanto, observou-se que alguns estabelecimentos não satisfazem as exigências quanto a penetração e retenção mínima. Tendo as melhores retenções encontradas nos moirões comercializados nos municípios de Alegre e Jerônimo Monteiro.

Palavras-chave: Madeira tratada. Análise da qualidade. Moirões de eucalipto.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O problema e sua importância	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo geral	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Desenvolvimento da eucaliptocultura no Brasil	4
2.2 Durabilidade natural	5
2.3 Biodeterioração da madeira	6
2.4 Tratamento da madeira	7
2.4.1 Preservativos de madeira.....	9
2.4.2 Métodos de tratamento da madeira	9
2.5 Principais utilizações da madeira de eucalipto tratada no Brasil	10
2.6 Controle da qualidade das madeiras tratadas industrialmente	11
3 METODOLOGIA	13
3.1 Amostragem dos moirões adquiridos	14
3.2 Análises químicas das amostras	14
3.2.1 Determinação do produto preservativo utilizado.....	15
3.2.2 Determinação da distribuição e penetração do cobre	16
3.2.3 Determinação da retenção do CCA	16
3.3 Análise dos resultados	18
4 RESULTADOS DA PESQUISA.....	19
4.1 Características físicas das peças analisadas	19
4.2 Identificação do produto preservativo nas peças analisadas	20
4.3 Distribuição do elemento cobre nas peças analisadas	21
4.4 Penetração do elemento cobre nas peças analisadas	23
4.5 Retenção do produto preservativo nas peças analisadas	25

5 CONCLUSÕES.....	31
6 REFERÊNCIAS	32
APÊNDICES	35
Apêndice A – Análise estatística da penetração (mm) e distribuição do cobre nas peças analisadas.....	36
Apêndice B – Dados da retenção (kg i.a./m ³) dos moirões analisados	37
Apêndice C – Análise estatística da retenção (kg i.a./m ³) do CCA nas peças analisadas	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo de madeira tratada no Brasil, ano de 2005.....	10
Tabela 2 – Composição dos tipos de CCA, em (%) de ingredientes ativos (i.a.)..	15
Tabela 3 – Dimensões dos moirões (cm) adquiridos nos municípios de Alegre, Jerônimo Monteiro e Cachoeiro de Itapemirim.....	20
Tabela 4 – Penetração média (mm) do cobre nos moirões de eucalipto	24
Tabela 5 – Comparações entre médias (mm) dos valores de penetração de acordo com os estabelecimentos.....	25
Tabela 6 – Retenção média (kg i.a./m ³) dos elementos preservativos em base óxida	26
Tabela 7 – Valores de retenção média (kg i.a./m ³) dos elementos preservativos em cada moirão analisado	27
Tabela 8 – Teste de médias da retenção (kg i.a./m ³) nas diferentes posições	27
Tabela 9 – Teste de médias para a retenção (kg i.a./m ³) nos diferentes estabelecimentos	28
Tabela 10 – Relação entre as médias de retenção (kg i.a./m ³) das posições e estabelecimentos	29
Tabela 11 – Razão entre os elementos constituintes da solução preservativa empregada	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Posições na peça onde foram retirados os discos para análises químicas.....	14
Figura 2 – Posições no disco onde foram retiradas as amostras	17
Figura 3 – Reação colorimétrica para o elemento boro.....	21
Figura 4 – Distribuição do cobre nos moirões adquiridos em Alegre	22
Figura 5 – Distribuição do cobre nos moirões adquiridos em Jerônimo Monteiro	22
Figura 6 – Distribuição do cobre nos moirões adquiridos em Cachoeiro de Itapemirim	23

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, a madeira tem sido um material fundamental à existência do ser humano, seja na habitação, nas construções em geral, no mobiliário, nas embalagens e em outros setores. A madeira, embora seja considerada renovável, é um recurso finito, e requer, para que sua perpetuidade seja garantida, uma utilização racional, embasada no princípio do rendimento sustentável, ou seja, uso racional da madeira com garantia de suprimento para as gerações futuras.

Em função desta sustentabilidade, surge a necessidade da busca por novas alternativas para suprir à demanda de madeira. No Brasil, o gênero *Eucalyptus* surgiu como uma opção adequada para atender às necessidades do mercado, por causa da escassez de madeiras nobres na região centro-sul e da legislação vigente. O uso do eucalipto para a confecção de peças de madeira tratada se deve a sua grande disponibilidade no mercado, rápido crescimento florestal e características tecnológicas conhecidas, estudadas e melhoradas.

A dificuldade de obtenção de espécies nativas de alta resistência à degradação biológica obrigou o homem a utilizar outras menos duráveis, principalmente aquelas de rápido crescimento, provenientes de reflorestamentos. Como a maioria dos reflorestamentos foi com *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp., a utilização dessas espécies para moirões e outros usos tornou-se prática comum para os produtores rurais. Mas, em virtude da baixa resistência apresentada por essas espécies a organismos xilófagos, há a necessidade de preservá-las, para aumentar sua vida útil em serviço, reduzir o consumo de madeira nativa e o impacto sobre as florestas remanescentes (PAES et al., 2001).

1.1 O problema e sua importância

A utilização do eucalipto para moirões preservados deve ser visto como algo benéfico ao Brasil, em função da grande disponibilidade de madeira, do potencial de desenvolvimento e crescimento do eucalipto, além dos benefícios ambientais.

Por outro lado, a expansão da utilização da madeira tratada, de modo geral, leva ao surgimento de novas usinas de preservação da madeira, fato esse que dificulta o controle dos órgãos de fiscalização, acarretando na produção e comércio ilegal de madeiras. No entanto, persiste a dúvida, se as madeiras preservadas disponíveis no mercado realmente atendem as especificações da norma brasileira.

A utilização da madeira de eucalipto para postes no Brasil iniciou no ano de 1905, e com o avanço das telecomunicações e da propagação da energia elétrica a demanda aumentou (FRANCISCHINELLI, 2001). No entanto, nas últimas décadas o uso dos postes de madeira tratada diminuiu. Foelkel (2009) relata que a redução do uso de postes de eucalipto, em parte, está associada a fatores estéticos, como a tortuosidade, cor, rachaduras e irregularidades. Além disso, a crença na baixa durabilidade dos postes de madeira persiste, pois muitos dos postes que foram substituídos com menos de seis anos de uso, passaram por tratamentos realizados no início do desenvolvimento da indústria de madeira preservada no Brasil.

No Brasil a produção anual de moirões de eucalipto tratados é da ordem de 40 milhões de unidades, representando 65% da madeira tratada (GERALDO, 2010). Se for considerado que cada moirão tratado é comercializado, em média, por 8 reais, estima-se uma quantia anual de 320 milhões de reais. A comercialização da madeira tratada, de modo geral, ocorre em estabelecimentos pequenos, de baixa demanda mensal e que atendem as necessidades do comércio local. Muitas indústrias preservadoras de madeira disponibilizam a compra de madeira tratada diretamente da fábrica, reduzindo os custos e facilitando os grandes latifundiários.

No Estado do Espírito Santo, bem como nos municípios estudados, é preocupante a qualidade da madeira preservada, uma vez que, as empresas existentes são de pequeno porte, não são cadastradas na Associação Brasileira de Preservadores de Madeira – ABPM, e não possuem acompanhamento técnico e o controle da qualidade da madeira fica sob responsabilidade das empresas.

Assim, a análise da qualidade da madeira tratada, principalmente os moirões de eucalipto, é de fundamental importância para garantir o cumprimento das normas regulamentadoras, proporcionando maior durabilidade da madeira e evitando que, surja o preconceito quanto ao consumo de moirões tratados de eucalipto.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a qualidade dos moirões de eucalipto tratados, comercializados nos municípios de Alegre, Cachoeiro de Itapemirim e Jerônimo Monteiro, Sul do Estado do Espírito Santo.

1.2.2 Objetivos específicos

Realizar estudo teórico dos documentos normativos nacionais que versam sobre preservação da madeira.

Analisar e identificar a presença dos ingredientes ativos do produto preservativo utilizado.

Quantificar os agentes preservativos existentes no interior da madeira.

Verificar se os moirões de eucalipto preservados se enquadram nas especificações técnicas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Desenvolvimento da eucaliptocultura no Brasil

O gênero *Eucalyptus* engloba cerca de 720 espécies, que ocorrem na Austrália, Tasmânia e nas ilhas ao norte da Oceania (Java, Filipinas, Papua, Timor, entre outras) (OLIVEIRA, 2006). Segundo Viana (2005), a difusão desse gênero pelo mundo começou pelo Chile em 1823 e na Espanha e em Portugal por volta de 1854. No Brasil, os primeiros estudos científicos e povoamentos experimentais se iniciaram em 1904. No entanto, as plantações eram heterogêneas, resultando em baixas produtividades (CARVALHO, 2006).

O Engenheiro Agrônomo Edmundo Navarro de Andrade, considerado o pai da silvicultura no Brasil (OLIVEIRA, 1997; SAMPAIO, 2009), foi o responsável pelos primeiros estudos relacionados ao eucalipto. Os primeiros maciços plantados foram localizados na região de Rio Claro, São Paulo.

A grande demanda de madeira de eucalipto surgiu quando a Companhia Paulista de Estradas de Ferro decidiu eletrificar suas linhas ferroviárias. Navarro de Andrade, por meio de testes laboratoriais, comprovou a maior resistência mecânica do *Eucalyptus tereticornis* quando comparado ao guarantã (*Esenbeckia leiocarpa*), madeira que era empregada na confecção de postes e que tem idade de corte de 150 anos, enquanto o eucalipto foi abatido com 15 anos (MARTINI, 2004).

O autor supracitado relata que após o falecimento de Navarro de Andrade em 1941, Armando Navarro Sampaio assumiu o Serviço Florestal da Companhia Paulista de Estradas de Ferro e implantou um programa de melhoramento genético com eucalipto. Além disto, no início da década de 1960, o Governo Brasileiro decidiu estimular a produção de papel e celulose, até então dependente de importações. Em 1966, já havia cerca de 400 mil hectares de florestas implantadas (TORRES, 2008).

Em 1964, o Instituto Florestal do Estado de São Paulo assumiu as atividades desenvolvidas pela antiga Companhia Paulista de Estradas de Ferro e deu continuidade aos programas de melhoramento genético (CARVALHO, 2006).

A década de 1960 foi marcante na evolução da eucaliptocultura no Brasil, tendo sido descoberto o potencial do híbrido *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*, que é amplamente plantado e utilizado em várias aplicações.

Cabe ressaltar a relevância da Lei 5.106, de 2 de setembro de 1966, que dispõe sobre incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais. Esse fato impulsionou o plantio de espécies de reflorestamento, principalmente o *Eucalyptus* e o *Pinus*. Diversas empresas, tanto do setor florestal quanto de outros setores, utilizaram essa lei para reduzir os impostos pagos em até 50%, favorecendo a disseminação e evolução da eucaliptocultura. Nesse período foram empregados cerca de 2,70 bilhões de dólares resultando na geração de 400.000 empregos diretos (TORRES, 2008).

Nas últimas décadas, avanços significativos foram observados no processo de propagação do eucalipto, principalmente na propagação do clone de *Eucalyptus grandis X Eucalyptus urophylla*.

Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF (2009), a evolução genética do eucalipto possibilitou um grande avanço no setor madeireiro, tanto que no ano de 2008, o Brasil contabilizou 4.259.000 hectares de eucalipto plantados, resultando num incremento de 7,40% em relação ao ano anterior e 33,10% em relação ao ano de 2004.

2.2 Durabilidade natural da madeira de eucalipto

Muitas madeiras tropicais são conhecidas popularmente pela sua elevada durabilidade natural. Talvez esse tenha sido o grande motivo da escassez dessas valiosas espécies. No entanto existem outras diversas espécies que não apresentam elevada resistência aos organismos deterioradores da madeira. Segundo Rudman, (citado por Oliveira, 1997), a durabilidade envolve um número de propriedades distintas da madeira, que são a resistência ao ataque de agentes biológico, químico, físico e mecânicos.

A resistência biológica, obviamente, está relacionada a seres biológicos, incluindo os fungos apodrecedores, insetos (térmitas e coleópteros) e perfuradores marinhos (moluscos e crustáceos). A resistência química diz respeito a ácidos e bases, entre outros. A resistência física está relacionada ao calor, fogo e normalmente aos agentes ambientais e climáticos como o vento, chuva, radiações, diferenças de temperaturas; fenômeno este conhecido como intemperismo,

enquanto a resistência mecânica é relacionada ao desgaste abrasivo e impactos que a madeira está submetida em determinados usos.

A resistência natural é um instrumento de defesa das espécies vegetais e está relacionada aos extrativos fenólicos contidos na madeira. Esses extrativos se encontram no cerne das espécies madeireiras. No entanto, estudos mostram que a concentração dos extrativos não é uniforme em todas as regiões analisadas (OLIVEIRA et al., 2005).

A necessidade de tratar a madeira de eucalipto está relacionada à quantidade e características dos extrativos presentes em suas espécies. Sabe-se que algumas espécies como o *Corymbia citriodora* e o *Eucalyptus paniculata* apresentam resistência natural superior as outras espécies. Reis (1973) constatou que a madeira de *C. citriodora*, analisada com 17 anos de idade, apresentou elevada resistência a dois tipos de fungos apodrecedores. No entanto, em função do elevado número de espécies do gênero *Eucalyptus*, não se pode afirmar, de modo conciso, que todas as espécies apresentam boa durabilidade natural, bem como, se todas as espécies apresentam os mesmos constituintes químicos na composição de seus extrativos.

2.3 Biodeterioração da madeira

A biodeterioração da madeira está relacionada aos organismos que se alimentam ou não dela. Os principais organismos que utilizam a madeira como fonte de nutrição são os fungos, os insetos, as bactérias e os xilófagos marinhos (BRAZOLIN, 2007). Existem outros seres que deterioram a madeira, no entanto não a utilizam como fonte de alimento, podendo ser citados os incrustantes marinhos, vespas, abelhas, formigas e o próprio homem.

De acordo com Findlay (1985) os principais agentes biológicos deterioradores responsáveis por causar sérios problemas no uso da madeira são os fungos, coleópteros, isópteros (térmitas ou cupins) e os xilófagos marinhos

Oliveira (1997) relata que existem diversos fatores que interferem no processo de deterioração da madeira, além disso, cita que o processo não ocorre de forma isolada, sendo uma sucessão em que a colonização é iniciada pelas bactérias. Quanto aos fatores, cabe destacar que a evolução da deterioração é altamente dependente das condições estabelecidas pela umidade, temperatura, índice de

luminosidade, pH da madeira, disponibilidade de oxigênio, extrativos, orientação da grã e condições ambientais.

Em razão de sua composição e estrutura, a madeira é passível de decomposição por agentes biológicos, físicos, químicos e mecânicos que podem atuar em conjunto, acelerando seu processo de deterioração. Dentre estes agentes, os biológicos são os responsáveis pelos maiores danos.

2.4 Tratamento da madeira

A história do tratamento da madeira no mundo não tem ao certo uma data definida. A análise da Bíblia nos remete a Deus instruindo Noé quanto à preservação e impermeabilização do casco da arca com betume, que, basicamente, é o petróleo que aflora na região do Oriente Médio. Posteriormente, os fenícios também utilizaram o betume em seus navios, consolidando-o como um material tradicional para o tratamento de cascos de embarcações (GONZAGA, 2006).

Até o século XVI o progresso obtido no tratamento de madeiras foi lento. Com o surgimento das grandes navegações, a necessidade de maior durabilidade dos navios levou ao descobrimento de novos produtos preservativos, no entanto a eficácia dos produtos era irrelevante.

O desenvolvimento científico e industrial a partir do século XVIII possibilitou estudos mais aprofundados na constituição da madeira e nos possíveis preservativos. Em 1830 já havia disponível o creosoto, no entanto ainda não existia um método eficaz de aplicação. Em 1831 foi patenteado o primeiro processo de impregnação sob pressão, pelo francês Jean Robert Bréant. Após sete anos o processo de célula cheia foi patenteado por John Bethell.

No Brasil, estima-se que entre 1880 e 1884 cerca de 50.000 dormentes tratados com creosoto foram importados da Inglaterra, pela Companhia Paulista de Estradas de Ferro. A antiga Estrada de Ferro Central do Brasil importou da Inglaterra, em 1900, a primeira usina de preservação de madeira no Brasil, a qual foi instalada em Juiz de Fora, Minas Gerais, começando a operar em 1902 para tratar dormentes de eucalipto com creosoto (JANKOWSKY; BARILLARI e FREITAS, 2010).

A evolução das usinas de tratamento de madeira não foi tão rápida. Em 1945 foi inaugurada a segunda usina de tratamento no Brasil, destinada ao tratamento de eucalipto para postes de eletrificação. Assim como a década de sessenta foi marcante para a evolução do eucalipto, a indústria de madeira preservada evoluiu nesse período. Leis aprovadas estabeleciam que toda a madeira utilizada em serviços públicos nas áreas de transporte e energia deveria ser tratada. Além disso, a Rede Ferroviária Federal instalou 10 usinas de tratamento sob pressão no país.

Jankowsky, Barillari e Freitas (2010) destacam que entre 1970 e 1980, o número de estabelecimentos da indústria de preservação da madeira aumentou em 318,75%, crescimento explicado pelo grande desenvolvimento brasileiro nos setores de transportes e energia. Entre 1995 e 1996, existiam 68 usinas de preservação de madeira sob pressão, com capacidade de produção anual estimada em 865.000 m³. Destas, 14 estavam desativadas e 14 pertenciam a empresas estatais dos setores ferroviário e elétrico, que tratam madeira para o uso próprio. Das 40 usinas restantes, tinha-se a capacidade anual de produção estimada em 680.000 m³.

Por outro lado, a Associação Brasileira de Preservadores de Madeira – ABPM (2006) ressalta que no ano 2000 existiam em operação 80 usinas, com uma produção estimada em 560.000 m³ de madeira preservada. A maior parte dessa produção é destinada ao segmento rural, seguido pelo elétrico, ferroviário e de madeira serrada. Vale ressaltar que no Brasil, grande parte das usinas de tratamento de madeiras não estão filiadas a ABPM e muitas operam de maneira irregular, dificultando o levantamento de dados estatísticos mais precisos.

Diante dessas informações relevantes, é fundamental que novos estudos buscando resultados concretos sejam realizados, pois é notório que o controle ineficaz da produção de madeira tratada gera informações distorcidas, não condizentes com a real situação da indústria de madeira preservada no Brasil.

Tratar uma madeira é proporcionar o aumento de sua resistência contra os organismos deteriorantes (FERNANDES, 2001). As técnicas de tratamento químico da madeira consistem em introduzir, por meio de processos adequados, produtos químicos dentro da estrutura das madeiras, visando torná-la tóxica aos organismos que a utilizam como fonte de alimentos. A escolha do processo e do produto preservativo dependerá, principalmente, do tipo de madeira e das condições de utilização das mesmas (BRAZOLIN et al., 2004).

2.4.1 Preservativos de madeira

Os preservativos industriais existentes no mercado são classificados em hidrossolúveis ou oleossolúveis. Fernandes (2001) descreve as classes de preservativos como oleossolúveis (produtos contendo misturas complexas de agentes fungicidas e inseticidas, a base de compostos de natureza orgânica ou organometálica) e hidrossolúveis (produtos contendo misturas mais ou menos complexas de sais orgânicos metálicos e não-metálicos).

Os produtos a serem utilizados como preservativo de madeiras devem apresentar eficiência no combate a organismos xilófagos; segurança, relacionada aos seres humanos e animais; não ser corrosivo a metais; resistência a lixiviação; não alterar as propriedades físicas e mecânicas da madeira; apresentar custos razoáveis; e não aumentar a inflamabilidade da madeira (LEPAGE, 1986; OLIVEIRA, 1997; FERNANDES, 2001; FREITAS, 2002).

Na classe de preservativos oleossolúveis, Oliveira (1997) destaca o creosoto; óxido de estanho tributílico; naftenato de cobre; naftenato de zinco; e quinolinolato de cobre 8, como os principais preservativos utilizados e, quanto aos preservativos hidrossolúveis, Freitas (2002) destaca o arseniato de cobre cromatado (CCA) e o borato de cobre cromatado (CCB).

No Brasil o CCA é o mais utilizado no tratamento industrial da madeira roliça de eucalipto destinada a moirões (OLIVEIRA, 1997; FREITAS, 2002). No mercado ele está disponível em três formulações distintas, CCA tipo A, tipo B e tipo C; variando a proporção dos componentes (cobre, cromo e arsênio). O grande potencial desse preservativo está ligado à sua eficiência no combate a organismos xilófagos e na sua rápida e eficaz fixação na madeira.

2.4.2 Métodos de tratamento da madeira

Os métodos de tratamento da madeira são classificados em industriais e não-industriais. Os métodos não-industriais englobam todos os tratamentos dados à madeira visando preservá-la, sem a utilização de pressão externa, embasado nos princípios de capilaridade e, ou, de difusão (BRAZOLIN, et al., 2004). Pode-se citar como exemplo, o pincelamento, aspensão, imersão, substituição da seiva e o banho quente-frio.

Dentre os processos industriais destacam-se os de célula cheia e célula vazia como os mais utilizados atualmente no Brasil. A diferença entre os dois processos é

a aplicação do vácuo inicial no processo de célula cheia. Esse é responsável por extrair parte do ar das camadas superficiais da madeira, facilitando a entrada do preservativo. O processo de célula cheia, segundo Oliveira (1997) e Brazolin et al. (2004) é o mais utilizado no Brasil e também o mais eficiente para preservação de madeiras.

2.5 Principais utilizações da madeira de eucalipto tratada no Brasil

No Brasil a utilização de madeira tratada, seja ela no formato roliço ou serrada, ainda é muito pequena, principalmente quando comparada com países europeus e norte-americanos. Jankowsky, Barillari e Freitas (2010) ressaltam que no Brasil, a madeira tratada é tradicionalmente utilizada na forma de dormentes, postes de eletrificação, moirões e cruzetas (Tabela 1). No entanto o seu potencial de utilização é muito maior, por exemplo, na construção de casas pré-fabricadas, indústria moveleira, embalagens, construções civil e rural.

Geraldo (2010) afirma que 65% do volume total de madeira tratada no país se destina à produção de moirões de eucalipto, estimando uma produção média anual de 40 milhões de unidades.

Tabela 1 – Consumo de madeira preservada no Brasil em 2005

Utilização	Volume (100m³)
Construção Civil	40
Dormentes Ferroviários	100
Postes para Eletrificação	100
Estacas e Moirões	400

Fonte: Adaptado de ABPM (2006).

Barillari, Brazolin e Jankowsky (2005) destacam que em 2002 os Estados Unidos produziram 16,6 milhões de metros cúbicos de madeira tratada e a Inglaterra 2 milhões de metros cúbicos. Cabe ressaltar que nos Estados Unidos 70% da madeira tratada é utilizada no setor de construção civil, enquanto no Brasil esse setor utiliza apenas 3%.

As perspectivas de desenvolvimento do setor de madeira tratada no Brasil são significantes. Francischinelli (2010) afirma que é necessário que o parque industrial brasileiro altere seu perfil, a fim de que se aumente o consumo nacional. A pressão ecológica, a desmistificação das deficiências do material madeira, a reformulação das normas e o avanço nos produtos preservativos irão permitir que ocorra uma expansão do consumo de madeira tratada no Brasil.

2.6 Controle da qualidade das madeiras tratadas

Galvão et al. (citados por Freitas, 2002), afirmam que o controle de qualidade de madeira tratada é feito pela determinação da retenção, da penetração e da distribuição de preservativos na madeira. A penetração e a retenção do preservativo são influenciadas por características relacionadas à madeira e ao processo de tratamento utilizado (SANTINI, 1988).

Oliveira (1997) e Lepage (1986), definem retenção e penetração como os parâmetros básicos para avaliação de eficiência do tratamento preservativo. A penetração é determinada pela profundidade da camada tóxica que protege a madeira. A retenção é um parâmetro quantitativo e refere-se à quantidade de produto preservativo retido num determinado volume de madeira.

A busca pela economia de produtos químicos nas usinas de preservação de madeira pode levar ao desbalanceamento das soluções de tratamento. Assim, o controle da qualidade da madeira tratada é importante para assegurar ao usuário que o produto tem as características adequadas. Uma vez que, a melhor maneira de obter lucratividade sustentada é atender com rigor às normas e especificações técnicas (NETTO, 2008).

A Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 7190 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1997) estabelece as classes de risco de madeiras e derivados da madeira utilizados na construção civil. Essa classificação tem como objetivo auxiliar na escolha da espécie, do produto preservativo e do método de tratamento adequado. Dentre os riscos citados pela ABNT (1997), postes, estacas, moirões e pilares situam-se na classe de risco de ataque biológico cinco (madeira exposta a intempéries).

Conforme mencionado anteriormente, a qualidade das madeiras tratadas está diretamente ligada à retenção, penetração e distribuição, fatores estes que dependem basicamente da espécie da madeira, do preservativo e do processo de tratamento utilizado. A NBR 9480 da ABNT (2009) estabelece que, em função da exposição a qual os moirões de eucalipto tratados com preservativos hidrossolúveis estão sujeitos, a retenção mínima de ingredientes ativos seja de 6,5 kg de ingredientes ativos/m³ de madeira e a penetração ocorra em todo o alburno e na porção penetrável do cerne.

3 METODOLOGIA

A pesquisa se classifica, quanto aos fins, como descritiva e explicativa, pois busca tornar claro os fatores que contribuem para a redução da durabilidade dos moirões tratados, correlacionando as variáveis associadas à madeira e aos preservativos; como quantitativa, visto que busca quantificar os preservativos absorvidos pela madeira. Quanto aos meios, classificam-se como bibliográfica, documental e experimental por buscar recolher informações para analisar em laboratório as amostras selecionadas. Além disso, a pesquisa documental normativa é fundamental para a comparação final dos resultados.

O desenvolvimento da pesquisa ocorreu em três etapas. A primeira constou de um estudo teórico dos documentos normativos nacionais, que versam sobre o assunto, sendo feito um estudo da evolução do setor de preservação de madeiras no Brasil. Este estudo relacionou-se com os métodos de tratamento, incluindo também avanços nos preservativos, na legislação ambiental e nos indicadores econômicos do uso de madeira tratada.

A segunda etapa foi destinada à aquisição de moirões tratados em estabelecimentos comerciais de três municípios da Região Sul do Espírito Santo e no preparo dos corpos de prova a serem analisados. A coleta de material foi realizada no local de comercialização e a retirada das amostras foi executada nas dependências do Laboratório de Biodeterioração da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal (DEF), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), localizado em Jerônimo Monteiro, ES.

A terceira etapa consistiu na determinação do produto preservativo e na realização da avaliação da distribuição, penetração e retenção dos ingredientes ativos do preservativo empregado no tratamento da madeira. Esses testes foram executados com as amostras obtidas na segunda etapa do projeto, em conformidade com a NBR 9480 (ABNT, 2009) para verificar se o tratamento está de acordo com o recomendado pela norma citada.

3.1 Amostragem dos moirões adquiridos

Os moirões analisados foram obtidos em estabelecimentos comerciais nos municípios de Alegre, Cachoeiro de Itapemirim e Jerônimo Monteiro. Sendo selecionados três moirões em cada estabelecimento, tomados ao acaso nas pilhas, tendo as peças diâmetros semelhantes. Além disso, foi critério restritivo à análise, moirões comercializados em estabelecimentos distintos, mas que sejam oriundos da mesma indústria.

Após a seleção dos moirões, foram extraídos dois discos de 2,5 cm de espessura a 50 cm da base da peças (posição 1), no meio do comprimento (posição 2) e a 10 cm do topo da peça (posição 3), sendo um deles destinado ao ensaio de distribuição e penetração e o outro ao de retenção, com a finalidade de verificar a qualidade do tratamento recebido ao longo do comprimento das peças (Figura 1). Cada disco foi identificado conforme peça e estabelecimento comercial de aquisição.

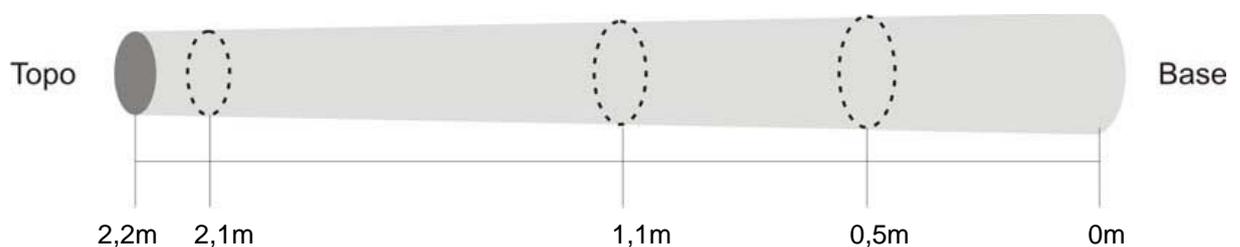


Figura 1 – Posições na peça onde foram retirados os discos para análises químicas
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 Análises químicas das amostras

Podem ser encontrados no comércio moirões preservados com CCA ou CCB. Assim para a realização de qualquer análise química é fundamental conhecer qual o produto preservativo que a empresa utilizou para o tratamento. O CCA utilizado na preservação das estacas, como já mencionado, é uma combinação de cobre, cromo e arsênio. Esse preservativo é formulado em três proporções distintas, de acordo com a NBR 9480 (ABNT, 2009), conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Composição dos tipos de CCA, em (%) de ingredientes ativos (i.a.)

Composição	Tipo A	Tipo B	Tipo C
CrO ₃	65,50%	35,30%	47,50%
CuO	18,10%	19,60%	18,50%
As ₂ O ₅	16,40%	45,10%	34,00%

Fonte: ABNT (2009).

No Brasil, o CCA tipo C é o mais utilizado, visto que atualmente é a única formulação existente no mercado devido apresentar maior estabilidade quando empregado no tratamento de madeiras de folhosas.

Segundo Smith e William (citados por Freitas, 2002), a maior fixação desses produtos é obtida para as seguintes relações de elementos: Cr/As < 1,9 e Cr/Cu = 1,7.

O CCB é uma mistura de sais que surgiu como alternativa ao CCA, em que o boro substitui o arsênio. A formulação comercial, contendo 50% de ingredientes ativos, segundo Lepage (2010), tem como base uma mistura de ácido bórico (H₃BO₃), calculado com boro (5,25%), cobre penta hidratado (CuSO₄.5H₂O), como CuO (13,0%) e dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇), como CrO₃ (31,75%). Freitas (2002) afirma que embora o boro tenha maior penetração, principalmente em madeiras menos permeáveis, sua resistência a lixiviação é baixa em função da maior solubilidade quando comparado ao arsênio.

3.2.1 Determinação do produto preservativo utilizado

A determinação do produto preservativo utilizado para imunizar os moirões foi executada embasada na presença do elemento boro. O procedimento seguiu a NBR 6232 (ABNT, 1973), sendo pincelado sobre a superfície de um disco, retirado de cada moirão, uma solução de álcool polivinílico e outra de iodeto de potássio. A mistura das soluções quando em contato com o boro apresenta uma coloração azulada.

3.2.2 Determinação da distribuição e penetração do cobre

A determinação da distribuição e penetração do CCA teve como base o elemento cobre presente na madeira tratada. Para tanto, foi feita a análise colorimétrica, seguindo as recomendações da norma NBR 6232 (ABNT, 1973). Para tal determinação, os discos foram pincelados com solução de cromo-azurol S, que revela uma coloração azul escuro intensa na presença do cobre.

Para as determinações da penetração foram demarcados aleatoriamente sobre os discos dois diâmetros perpendiculares entre si, a partir dos quais foram medidas as penetrações. O valor médio das medições foi utilizado para avaliar a penetração do elemento cobre em cada posição nos moirões.

A distribuição foi avaliada com base nas médias das medidas de penetração ao longo do comprimento de cada moirão.

3.2.3 Determinação da retenção do CCA

Para a determinação da retenção do preservativo, foi efetuada a digestão das amostras retiradas a 50cm da base dos moirões (Figura 2), seguindo a metodologia descrita por Wischer (citado por Moreschi, 1985). A metodologia consta da determinação da massa e do volume das amostras e incineração em mufla para obtenção das cinzas e sais metálicos, a 500 - 550° C, até transformação em cinzas, posteriormente foi adicionado 3 mL da mistura dos ácidos sulfúrico, perclórico e nítrico, todos concentrados, nas proporções de 7:2:1, às cinzas obtidas pela incineração.

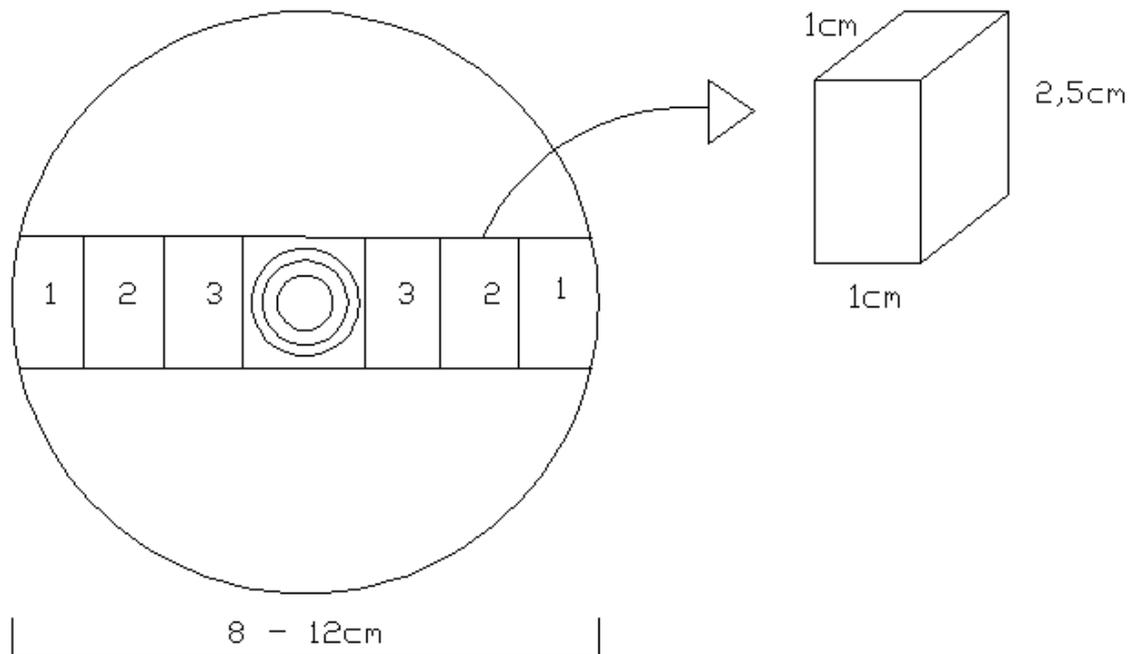


Figura 2 – Posições no disco onde foram retiradas as amostras

Fonte: Elaborado pelo autor.

A digestão acelerada das amostras ocorreu pelo aquecimento da mistura dos ácidos e cinzas, em chapa aquecida, até que a mistura ficasse límpida, sendo diluídas as soluções ácidas obtidas em água destilada a volumes fixos de 100 mL.

Após a diluição em água, os frascos foram identificados e enviados para realização da espectrofotometria de absorção atômica para quantificar os componentes do produto preservativo nas amostras. A quantificação do elemento cobre foi realizada no Laboratório de Análises de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos, Solos e Plantas (LAFARSOL) da UFES, utilizando o espectrofotômetro de absorção atômica por emissão de chama da marca Shimadzu, modelo AA 6200. No Laboratório de Espectrometria Atômica da UFV, realizaram-se as quantificações de cromo e arsênio no espectrofotômetro de absorção atômica da marca VARIAN, modelo ESPECTRA AA 220 FS.

Com os dados obtidos pela espectrofotometria e com o volume das amostras de madeira, os cálculos de retenção foram efetuados de acordo com a Equação 1 proposta por Paes (1991).

$$R = \frac{F \times L \times Fd \times 10^{-3}}{V} \quad (1)$$

em que:

R = retenção do elemento na madeira (kg i.a./m³);

F = fator estequiométrico empregado para transformação dos elementos químicos para óxidos;

L = leitura obtida do espectrofotômetro (mg/L);

Fd = fator de diluição necessário para as leituras no espectrofotômetro;

V = volume das amostras utilizadas nas análises (cm³).

3.3 Análise dos resultados

Após a realização dos experimentos os resultados receberam tratamento estatístico cujos dados foram analisados por meio de programas de computador. Com referência à determinação da massa, volume, comprimento e diâmetros médios realizaram-se cálculos estatísticos simples, em que os valores de média e desvio padrão foram determinados com auxílio de planilhas desenvolvidas no “software Excel”.

A análise estatística dos dados gerados pelos ensaios de penetração, distribuição e retenção foi processada por meio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG), desenvolvido pelo Centro de Processamento de Dados da Universidade Federal de Viçosa. Foi empregado o teste de Duncan, a 5% de probabilidade, para os fatores e interação detectados como significativos pelo teste de F.

4 RESULTADOS DA PESQUISA

De posse da caracterização do setor de preservação da madeira e das normas que regulamentam a produção e controle da qualidade de tais produtos, procedeu-se a análise da qualidade dos moirões comercializados nos municípios em estudo.

Conhecer a qualidade da madeira tratada que é comercializada é fundamental para assegurar a durabilidade da estrutura para a qual a madeira se destina. Para isso, tomando como base a revisão de literatura sobre qualidade da madeira tratada, foram realizados testes químicos a fim de quantificar e caracterizar a qualidade dos moirões de eucalipto tratados e comercializados nos municípios de Alegre, Jerônimo Monteiro e Cachoeiro de Itapemirim.

A durabilidade de uma madeira tratada industrialmente está diretamente relacionada com a qualidade dos produtos químicos, as características da espécie, as condições de uso e as variáveis que envolvem o processo de imunização.

4.1 Características físicas das peças analisadas

Os moirões adquiridos apresentaram dimensões semelhantes, tendo o comprimento variado de 2,16 m a 2,25 m e o diâmetro de 8,0 cm a 11,70 cm, e a média igual a 9,8 cm (Tabela 3).

Tabela 3 – Dimensões dos moirões (cm) adquiridos nos municípios de Alegre, Jerônimo Monteiro e Cachoeiro de Itapemirim

Município	Moirão	Comprimento	Diâmetro dos Moirões			
		(cm)	Base	Meio	Topo	Média
Alegre	1	221	9,15	9,36	9,83	9,45
	2	220	9,51	9,88	10,05	9,81
	3	220	8,26	8,82	8,95	8,68
	4	221	10,71	10,98	11,17	10,95
	5	222	9,66	9,84	10,11	9,87
	6	220	9,50	9,84	9,88	9,74
Jerônimo Monteiro	7	218	8,88	9,47	9,61	9,32
	8	216	9,80	9,93	10,55	10,10
	9	220	8,80	9,40	9,60	9,29
Cachoeiro de Itapemirim	10	221	8,74	9,21	8,90	8,95
	11	221	9,97	10,30	10,40	10,23
	12	219	7,69	8,00	8,44	8,04
	13	222	11,80	11,50	11,70	11,67
	14	225	10,74	10,88	11,41	11,01
	15	222	10,31	10,81	11,30	10,81
	16	220	9,40	9,79	9,91	9,70
	17	220	9,01	9,10	9,53	9,21
	18	221	9,00	9,33	9,92	9,42
Média		220,5	10,07	9,80	9,50	9,80
Desvio Padrão		1,85	0,97	0,85	0,89	0,90

Fonte: Dados dessa pesquisa.

4.2 Identificação do produto preservativo nas peças analisadas

A análise dos discos dos moirões mostrou que todos os tratamentos foram realizados com o emprego do CCA, uma vez que não houve reação colorimétrica para o elemento boro (Figura 3).



Figura 3 – Reação colorimétrica para o elemento boro
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Distribuição do elemento cobre nas peças analisadas

A distribuição do cobre nos moirões adquiridos em Alegre, Jerônimo Monteiro e Cachoeiro de Itapemirim consta nas Figuras 4, 5 e 6, respectivamente.

Nota-se que o preservativo penetrou em todas as peças, mas de forma diferente em cada peça. A diferença entre o processo de tratamento de cada empresa é ressaltada nos diferentes níveis de penetração. Contudo, a espécie do eucalipto utilizado também pode ter influenciado nos valores obtidos.

Torres (2008) observou que a distribuição em peças de eucalipto tratados pelo método da substituição da seiva é influenciada pela inversão das peças durante o processo. Isto não foi observado, indicando que as peças foram tratadas em autoclave (processo industrial). No processo industrial, a menor penetração é obtida no meio das peças, porém, a penetração do CCA nos moirões foi homogênea, pois com a aplicação do teste F (Apêndice A), verificou-se que não houve diferença significativa, a 5% de probabilidade, entre as três posições analisadas de cada moirão.

Posição	Peças					
	A11	A12	A13	A21	A22	A23
A (10 cm do topo)						
B (meio)						
C (50 cm da base)						

Figura 4 – Distribuição do cobre nos moirões adquiridos em Alegre
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Posição	Peças		
	B11	B12	B13
A (10 cm do topo)			
B (meio)			
C (50 cm da base)			

Figura 5 – Distribuição do cobre nos moirões adquiridos em Jerônimo Monteiro
 Fonte: Elaborado pelo autor.

Posição	Peças								
	C11	C12	C13	C21	C22	C23	C31	C32	C33
A (10 cm do topo)									
B (meio)									
C (50 cm da base)									

Figura 6: Distribuição do cobre nos moirões adquiridos em Cachoeiro de Itapemirim
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 Penetração do elemento cobre nas peças analisadas

Os resultados de penetração do elemento cobre são apresentados na Tabela 4. A maior penetração observada foi de 33,75 mm no estabelecimento 3 (Jerônimo Monteiro), e a menor foi observada em Cachoeiro de Itapemirim, no estabelecimento 6, com valor de 12 mm. A penetração média para todas as peças analisadas foi de 20,04 mm. Ressalta-se que apesar da NBR 9480 (ABNT, 2009) estipular que a penetração do produto preservativo deve ser total no alburno (madeira de folhosas), a penetração do elemento cobre na madeira, segundo as considerações de Galvão (1968) e Paes (1991), pode ser aceita como satisfatória quando superior a 10 mm.

Tabela 4 – Penetração média (mm) do cobre nos moirões de eucalipto

Cidade	Moirão	Penetração (mm)			
		Base	Meio	Topo	Média
Alegre - E1	1	19,5	19,75	21,25	20,17
	2	29,75	29,75	30,00	29,83
	3	13,50	15,00	15,50	14,67
Alegre - E2	4	19,50	18,75	20,25	19,5
	5	14,75	13,50	14,50	14,25
	6	21,00	20,25	20,25	20,50
Média		19,66	19,5	20,29	19,82
Jerônimo Monteiro - E3	7	29,75	26,75	37,50	31,33
	8	33,00	27,25	41,00	33,75
	9	18,75	17,50	18,00	18,08
Média		27,16	23,83	32,16	27,72
Cachoeiro de Itapemirim - E4	10	16,25	15,50	17,50	16,42
	11	21,50	22,25	23,75	22,50
	12	16,75	16,50	16,25	16,50
Cachoeiro de Itapemirim - E5	13	17,50	15,25	16,50	16,42
	14	15,75	15,75	15,75	15,75
	15	35,00	21,75	25,50	27,42
Cachoeiro de Itapemirim - E6	16	12,00	13,00	11,00	12,00
	17	13,00	13,00	12,5	12,83
	18	17,00	17,50	21,75	18,75
Média		18,30	16,72	17,83	17,62
Média geral		20,24	18,83	21,04	20,04
Desvio padrão		8,11	5,02	6,98	6,48

Fonte: Dados dessa pesquisa.

O teste F (Apêndice A) indicou que existe interação significativa para a variável penetração entre os estabelecimentos. Assim, o teste de médias de Duncan foi aplicado aos fatores estabelecimento e penetração a 5% de probabilidade. Os resultados do teste de médias aplicado e suas comparações encontram-se na Tabela 5.

A análise das médias mostrou que a penetração do preservativo nos moirões comercializados no município de Jerônimo Monteiro (estabelecimento 3) foi superior as demais. O material comercializado no estabelecimento 1, em Alegre, apresentou índices de penetração inferior ao estabelecimento de Jerônimo Monteiro. Os moirões adquiridos nos estabelecimentos 5, 4 e 2, sendo os dois primeiros localizados em Cachoeiro de Itapemirim e o último em Alegre, não se diferenciaram quanto a média

da penetração, apresentando índices superiores ao estabelecimento 6, em Cachoeiro de Itapemirim, no qual se observou os piores índices de penetração do elemento cobre.

Tabela 5 – Comparações entre médias (mm) dos valores de penetração de acordo com os estabelecimentos

Estabelecimentos	Penetração Média (mm)
3	27,72 A
1	21,56 B
5	19,86 BC
4	18,47 BC
2	18,08 BC
6	14,53 C

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ($p \geq 0,05$).

Fonte: Dados dessa pesquisa.

Contudo, observa-se que, embora os moirões adquiridos no estabelecimento 5 (Cachoeiro de Itapemirim) apresentem os maiores diâmetros e possivelmente as maiores porções de cerne, seus índices de penetração ainda foram melhores que os índices encontrados no estabelecimento 6. Conforme citado por Santini (1988), as características do processo de tratamento e da espécie de madeira utilizada influenciam na qualidade do tratamento.

4.5 Retenção do produto preservativo nas peças analisadas

Os valores de retenção da solução preservativa na madeira estão apresentados na Tabela 6. A retenção média encontrada foi de 6,73 kg de ingredientes ativos (i.a.) /m³ de madeira nos moirões comercializado no município de Alegre, 11,52 kg de i.a./m³ nos moirões comercializado em Jerônimo Monteiro e 6,5 kg de i.a./m³ nos moirões no município de Cachoeiro de Itapemirim. Estes valores atendem ao mínimo recomendado pela NBR 9480 (ABNT, 2009) para peças tratadas com produtos hidrossolúveis a serem utilizadas em contato direto com o solo.

Tabela 6 – Retenção média (kg i.a./m³) dos elementos preservativos em base óxida

Município	Estabelecimento	Retenção (kg i.a./m ³)			
		Cobre (CuO)	Cromo (CrO ₃)	Arsênio (As ₂ O ₅)	CCA
Alegre	1	0,30	1,22	6,60	8,12
	2	0,18	1,05	4,12	5,35
Média		0,24	1,14	5,36	6,73
Jerônimo Monteiro	3	0,46	2,64	8,42	11,52
Média		0,46	2,64	8,42	11,52
Cachoeiro de	4	0,41	2,64	6,28	9,34
	5	0,28	1,78	5,68	7,75
Itapemirim	6	0,10	0,62	1,67	2,39
Média		0,27	1,68	4,54	6,50

Fonte: Dados dessa pesquisa.

Na Tabela 7 observa-se a diferença entre os níveis de retenção dos elementos preservativos em cada moirão analisado. Nota-se que a retenção média de todos os estabelecimentos foi de 7,41 kg i.a./m³, atendendo a solicitação da NBR 9480 (ABNT, 2009).

Tabela 7 – Valores de retenção média (kg i.a./m³) dos elementos preservativos em cada moirão analisado

Município	Moirão	Retenção (kg i.a./m ³)			
		Cobre (CuO)	Cromo (CrO ₃)	Arsênio (As ₂ O ₅)	CCA
Alegre	1	0,27	1,35	5,37	7,00
	2	0,28	0,58	7,76	8,62
	3	0,34	1,74	6,66	8,74
	4	0,21	1,42	4,32	5,95
	5	0,13	0,82	2,62	3,57
	6	0,19	0,90	5,43	6,52
Jerônimo	7	0,57	2,91	11,17	14,65
Monteiro	8	0,62	3,76	9,48	13,86
	9	0,18	1,26	4,62	6,06
	10	0,30	2,00	4,91	7,21
	11	0,55	3,56	9,86	13,97
Cachoeiro	12	0,39	2,37	4,08	6,85
de	13	0,28	1,70	5,51	7,48
Itapemirim	14	0,24	1,61	5,57	7,42
	15	0,33	2,04	5,97	8,33
	16	0,08	0,46	1,16	1,70
	17	0,08	0,56	1,32	1,96
	18	0,14	0,85	2,52	3,51
Média		0,29	1,66	5,46	7,41

Fonte: Dados dessa pesquisa.

A análise estatística aplicada aos dados (Apêndice B) indicou que há interação significativa em nível de 5% de probabilidade pelo teste de F (Apêndice C), entre a posição da amostra retirada no disco e o estabelecimento pesquisado. Assim, a interação foi desdobrada e analisada pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade, cujos resultados constam nas Tabelas 8, 9 e 10.

Tabela 8 – Teste de médias da retenção (kg i.a./m³) nas diferentes posições

Posição	Retenção Média (kg i.a./m ³)
1	10,63 A
2	8,12 B
3	3,46 C

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ($p \geq 0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa.

Observou-se, ao analisar o efeito da posição na retenção, que as três situações analisadas diferenciaram, tendo a posição 1, amostra mais externa no disco, os maiores valores de retenção, e a posição 3, amostra mais interna ao disco, os menores índices de retenção, sendo esse valor menor que o mínimo recomendado pela norma NBR 9480 (2009).

Em outra análise (Tabela 9), verificou-se o efeito do estabelecimento na retenção e notou-se que os moirões do estabelecimento 3 (Jerônimo Monteiro), apresentaram as maiores médias, seguidos pelos moirões do estabelecimento 4, em Cachoeiro de Itapemirim. Os moirões do estabelecimento 1 e 5 (Alegre e Cachoeiro de Itapemirim) não se diferenciaram, apresentando índices melhores que os moirões dos estabelecimentos 2 e 6, os quais apresentaram médias de retenção que não atendem as especificações da NBR 9480 (ABNT, 2009), tendo os moirões do último as piores médias de retenção.

Tabela 9 – Teste de médias para a retenção (kg i.a./m³) nos diferentes estabelecimentos

Estabelecimentos	Retenção Média (kg i.a./m³)
3	11,52 A
4	9,34 AB
1	8,12 BC
5	7,75 BC
2	5,35 CD
6	2,39 D

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ($p \geq 0,05$).

Fonte: Dados dessa pesquisa.

A análise do efeito da posição em cada estabelecimento (Tabela 10), indicou que no estabelecimento 1, em Alegre, a retenção média não diferencia entre as posições. Por outro lado, no estabelecimento 2 do mesmo município, a posição 3 (amostra mais interna ao disco) diferenciou das demais, apresentando valores menores de retenção.

Em Jerônimo Monteiro, observaram-se diferenças entre as três posições analisadas. Tendo a posição 2 apresentado a maior média de retenção, enquanto a posição 3, a menor média. Contudo, esse estabelecimento atendeu aos parâmetros da NBR 9480 (2009) em todas as posições analisadas.

Tabela 10 – Relação entre as médias de retenção (kg i.a./m³) das posições e estabelecimentos

Estabelecimentos	Retenção Média (kg i.a./m ³)		
	1 (exterior)	2 (meio)	3 (interior)
1 - Alegre	8,36 Abc	7,31 Ab	8,69 Aa
2 - Alegre	8,66 Abc	6,72 Abc	0,65 Bb
3 - Jerônimo Monteiro	12,46 ABab	14,37 Aa	7,72 Ba
4 - Cachoeiro de Itapemirim	15,33 Aa	11,06 Aab	1,63 Bb
5 - Cachoeiro de Itapemirim	13,19 Aab	7,97 Ab	2,07 Bb
6 - Cachoeiro de Itapemirim	5,80 Ac	1,32 Ac	0,04 Ab

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na horizontal, ou minúscula na vertical, não diferem estatisticamente pelo testes de Duncan ($p \geq 0,05$).

Fonte: Dados dessa pesquisa.

No município do Cachoeiro de Itapemirim os estabelecimentos 4 e 5 não se diferenciaram quanto o efeito da retenção nas posições. Observou-se que as amostras 1 e 2, apresentaram as maiores médias de retenção do produto preservativo. Já o estabelecimento 6, no mesmo município, não se observou diferença significativa entre as posições analisadas, contudo, as médias encontradas estão abaixo das recomendadas pela NBR 9480 (2009).

Observou-se que na posição 1, mais externa, o estabelecimento 4 diferenciou dos estabelecimentos 1, 2 e 6, apresentando, juntamente com os estabelecimentos 3 e 5 as maiores médias de retenção. O estabelecimento 6 apresentou a menor média de retenção.

Na posição 2, porção intermediária, o estabelecimento 3 (Jerônimo Monteiro), diferenciou dos demais, tendo, juntamente com o estabelecimento 4 as maiores médias de retenção e o estabelecimento 6 (Cachoeiro de Itapemirim) a menor média.

Na posição 3, mais interna ao disco, observou-se que os estabelecimentos 4, 5 e 6 (Cachoeiro de Itapemirim) e 2 (Alegre), não foram diferentes, apresentando os

menores índices de retenção, enquanto o estabelecimento 1, em Alegre, e 3 Jerônimo Monteiro) apresentaram as maiores médias de retenção, sendo superiores ao recomendado pela NBR 9480 (ABNT, 2009).

Na Tabela 11 pode-se observar a razão entre os diferentes elementos químicos constituintes do CCA. Essas relações podem caracterizar a fixação do produto preservativo na madeira.

Tabela 11 – Razão entre os elementos constituintes da solução preservativa empregada

Município	Estabelecimento	Cr/As	Cr/Cu
Alegre	1	0,31	8,85
	2	0,40	12,21
Jerônimo Monteiro	3	0,50	21,91
Cachoeiro de Itapemirim	4	0,59	22,70
	5	0,49	10,92
	6	4,60	8,23

Fonte: Dados dessa pesquisa.

Conforme pode ser analisado na Tabela 11, as razões dos elementos são distintas. Assim, de acordo com Smith e William (citado por Freitas, 2002), observa-se que as relações entre cromo e arsênio dos estabelecimentos 1, 2, 3, 4 e 5 apresentaram valores menores que 1,9, seguindo o proposto pelos autores citados. No entanto, o estabelecimento 6 não corrobora com o proposto pelos autores. Além disso, a razão entre cromo e cobre em todos os estabelecimentos não condiz com o proposto pelos autores, apresentando valores superiores a 1,7.

5 CONCLUSÕES

A identificação do produto preservativo por meio de reação colorimétrica com a solução de álcool polivinílico e iodo metálico indicou que os moirões analisados não foram tratados com CCB.

Os moirões analisados apresentaram uniformidade no tratamento quanto sua distribuição, atendendo os parâmetros da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Os índices de penetração do elemento cobre para alguns dos moirões comercializados em Cachoeiro de Itapemirim (estabelecimentos 4 e 6) e Alegre (estabelecimento 2) não atendem aos requisitos mínimos da norma.

A análise de retenção do produto preservativo mostrou que os moirões comercializados nos estabelecimentos 1, 3, 4 e 5, localizados em Alegre, Jerônimo Monteiro e os dois últimos em Cachoeiro de Itapemirim, atendem a retenção mínima estabelecida pela normatização para peças tratadas com produtos hidrossolúveis a serem utilizadas em contato direto com o solo. Contudo, os moirões dos estabelecimentos 2 e 6, Alegre e Cachoeiro de Itapemirim, respectivamente, não satisfazem a normatização.

De modo geral, pode-se afirmar que os moirões de eucalipto comercializados no município de Jerônimo Monteiro apresentaram a melhor qualidade do tratamento, tanto para índices de penetração quanto para retenção. Os moirões comercializados no estabelecimento 6, Cachoeiro de Itapemirim, apresentaram os piores resultados para os testes executados.

Aconselha-se a realização de testes para avaliar o desempenho dos moirões preservados comercializados nos municípios de Alegre, Jerônimo Monteiro e Cachoeiro de Itapemirim, por meio de testes com fungos e cupins em nível de laboratório e campo.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6232**: penetração e retenção de preservativos em postes de madeira. Rio de Janeiro, 1973. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Anexo B – Determinação das propriedades das madeiras para projetos de estruturas. Rio de Janeiro, 1997. 107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9480**: Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais - Requisitos. Rio de Janeiro, 2009. 12p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRESERVADORES DE MADEIRA. **Produção de madeira tratada no Brasil em 2005**. São Paulo: ABPM, 2006. 14 p. (Boletim Técnico ABPM).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2009**: ano base 2008. Brasília: ABRAF, 2009. 120 p. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 12 abr. 2010.

BARILLARI, C. D.; BRAZOLIN, S.; JANKOWSKY, I. P. **O uso da madeira tratada com CCA**: aspectos tecnológicos e ambientais. São Paulo, 2005. 8 p. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/artigos_tecnicos.php?sub=167&categoria=Preserva%E7%E3o&subcategoria=Preserva%E7%E3o>. Acesso em: 25 abr. 2010.

BRAZOLIN, S. Biodeterioração e preservação da madeira. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Eds.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Vitória: Suprema, 2007 p. 343 - 366.

BRAZOLIN, S. et al. **Preservação de madeiras**: sistema de classes de risco. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2004. 13 p. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/16656042/TratamentoMadeiraNormas>>. Acesso em 20 abr. 2010.

CARVALHO, A. D. F. **Histórico do melhoramento genético de eucalipto no Brasil**. Piracicaba, 2006. 3 p. Disponível em: <<http://www.genetica.esalq.usp.br/pub/seminar/ADFCarvalho-200602-Resumo.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2010.

FERNANDES, J. L. G. **Adequação de produtos à preservação de madeiras**. 2001. 3 p. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/artigos_tecnicos.php>. Acesso em: 22 abr. 2010.

FINDLAY, W. P. K. **Preservation of timber in the tropics**. Dordrecht: Kluwer, 1985. 273 p.

FOELKEL, C. **Postes de madeira de eucaliptos**. Porto Alegre, 2009. 4 p. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/newspt_ago09.html#seis>. Acesso em: 14 abr. 2010.

FRANCISCHINELLI, E. **A madeira de eucalipto para postes**. São Paulo, 2001. 5 p. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/artigos_tecnicos.php>. Acesso em: 10 maio 2010.

FRANCISCHINELLI, E. **Madeira de eucalipto preservada sob pressão**. São Paulo, 2010 4 p. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/artigos_tecnicos.php>. Acesso em: 22 abr. 2010.

FREITAS, V. P. **Variações na retenção de CCA-A em estacas de *Pinus* após 21 anos de exposição em campo de apodrecimento**. Piracicaba, USP: 2002. 64 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GALVÃO, A. P. M. **Característica da distribuição de alguns preservativos hidrossolúveis em moirões roliços de *Eucalyptus alba* Reinw., tratados pelo processo de absorção por transpiração radial**. 1968. 115f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

GERALDO, F. C. **Mourões para cerca: a renovação necessária**. 2010. 2 p. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/artigos_tecnicos.php>. Acesso em: 17 abr. 2010.

GONZAGA, A. L. **Madeira: uso e conservação**. Brasília: Monumenta, 2006. 246 p.

JANKOWSKY, I. P.; BARILLARI, C. D.; FREITAS, V. P. **A preservação de madeiras no Brasil**. São Paulo, 2010. 3 p. Disponível em:<http://www.remade.com.br/br/artigos_tecnicos.php>. Acesso em: 17 abr. 2010.

LEPAGE, E. S.; et al. Métodos de tratamento. In: LEPAGE, E. S. (Coord.). **Manual de preservação da madeira**. São Paulo: IPT, v. 2, 1986, p. 343 - 419.

LEPAGE, E. S.; Moq® 50 0x (ccb) – um preservativo sustentável com um longo histórico de eficiência. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA. 12., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras. 2010, CD room, trabalho310.pdf, 10p.

MARTINI, A. J. **O plantador de eucaliptos: a questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**. São Paulo, USP: 2004. 320 f. Dissertação (Mestrado em História Social) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MORESCHI, J. C. **Ensaio biológicos: uma nova alternativa para a determinação dos ingredientes ativos do preservativo CCA e estudos de interações**. Curitiba, UFPR: 1985. 128 f. Tese (Professor Titular) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1985.

NETTO, H. T. **Controle de qualidade nas UPM's** – Informativo Técnico Divisão Osmose Montana Química. São Paulo, 1 p. 2008. Disponível em: <<http://www.montana.com.br/Atualidades/Publicacoes/Informativo-Tecnico>>. Acesso em: 2 maio 2010.

OLIVEIRA, J. T. S.; et al. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000500017>. Acesso em: 15 abr. 2010.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. São Paulo, USP: 1997. 2 v. 429 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, J. T. S. Qualidade da madeira de eucalipto para produtos sólidos. In: JESUS JÚNIOR, W. C.; et al. (Eds.). **Avanços tecnológicos em ciências agrárias**. Vitória: Suprema, 2006. p. 81 - 95.

PAES, J. B. **Viabilidade do tratamento preservativo de moirões de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), por meio de métodos simples e comparações de sua tratabilidade com a do *Eucalyptus viminalis* Lab.** Curitiba, UFPR: 1991. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.

PAES, J. B.; MORESCHI, J. C.; LELLES, J. G. Tratamento preservativo de moirões de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) e de *Eucalyptus viminalis* Lab. pelo método de imersão prolongada. **Revista Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 65 - 80. 2001.

REIS, M. S. Variation in decay resistance of four wood species from Southeastern Brazil. **Holzforshung**, Berlin, v. 27, n. 3, p. 103 - 111, 1973. Disponível em: <<http://www.reference-global.com/doi/abs/10.1515/hfsg.1973.27.3.103>>. Acesso em: 15 maio 2010.

SAMPAIO, F. H.; CHRISTOFOLETTI, S. R.; ZANCHETTA, D. **Espacialização das pesquisas científicas realizadas na floresta estadual “Edmundo Navarro de Andrade”, Rio Claro - SP**. Rio Claro: EPC, 2009. 15 p.

SANTINI, E. J. **Biodeterioração e preservação da madeira**. Santa Maria: Centro de Pesquisas Florestais, 1988. 125 p.

TORRES, P. M. A. **Caracterização da madeira juvenil de *Eucalyptus camaudulensis* Denhh. para aplicação na arquitetura rural**. Campina Grande, UFCG: 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

VIANA, J. **História das florestas plantadas, análise, demandas e potencial do setor florestal**. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/documentos/100anos/Palestra-Jorge_Viana.pdf>. Acesso em: 15 maio 2010.

APÊNDICES

Apêndice A – Análise estatística da penetração (mm) e distribuição do cobre nas peças analisadas

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F
Posição	2	44,96	22,48	0,58 ^{NS}
Estabelecimento	5	882,15	176,43	4,59 ^{**}
Pos x Estab	10	110,48	11,05	0,29 ^{NS}
Resíduos	36	1385,08	38,47	-

^{**} Significativo a 1% de probabilidade ; ^{NS} Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

Fonte: Dados dessa pesquisa.

Apêndice B – Dados da retenção (kg i.a./m³) dos moirões analisados

Município	Moirão	Amostra	Massa (g)	Volume (cm ³)	Retenção (kg i.a./m ³)		
					CuO	CrO ₃	As ₂ O ₅
1 - Alegre	1	7	5,51	8,16	0,27	1,46	4,88
		8	5,20	8,34	0,30	1,40	5,53
		9	3,60	6,08	0,25	1,20	5,72
	2	16	4,74	8,18	0,24	0,49	8,14
		17	4,25	7,48	0,35	0,82	8,14
		18	4,16	7,51	0,25	0,44	7,00
	3	25	4,57	7,87	0,41	1,95	7,23
		26	4,75	8,56	0,21	1,07	4,11
		27	4,55	8,06	0,40	2,20	8,65
2 - Alegre	4	34	6,35	8,52	0,31	2,25	6,07
		35	4,63	7,91	0,28	1,81	5,67
		36	4,26	7,57	0,06	0,19	1,21
	5	43	6,65	8,37	0,23	1,69	5,26
		44	6,10	7,98	0,15	0,78	2,60
		45	5,65	7,45	0,00	0,00	0,00
	6	52	5,30	9,08	0,28	0,82	9,09
		53	5,01	8,40	0,28	1,81	6,80
54	4,97	9,14	0,02	0,06	0,42		
3 - Jerônimo Monteiro	7	61	4,72	7,83	0,66	4,31	10,09
		62	6,86	11,03	0,44	0,89	15,63
		63	6,03	10,31	0,61	3,54	7,78
	8	70	7,85	12,16	0,60	3,93	6,64
		71	5,90	11,06	0,74	4,38	14,25
		72	6,58	11,01	0,52	2,97	7,54
	9	79	6,18	10,23	0,29	2,28	8,60
		80	5,57	9,74	0,26	1,49	5,05
81	5,21	10,24	0,00	0,01	0,20		
4 - Cachoeiro de Itapemirim	10	88	5,34	8,46	0,59	4,19	8,52
		89	3,91	7,52	0,31	1,82	6,16
		90	3,96	8,19	0,00	0,00	0,04
	11	97	4,30	8,67	0,82	4,98	12,19
		98	3,79	8,67	0,71	4,76	13,60
		99	4,31	9,37	0,11	0,96	3,78
	12	106	5,79	8,94	0,70	4,37	9,63
		107	4,92	8,77	0,48	2,75	2,61
108	4,56	8,94	0,00	0,00	0,01		

Continua....

Apêndice B – Cont.

		115	6,00	7,96	0,49	3,29	10,19
	13	116	5,93	8,42	0,32	1,74	6,01
		117	5,54	8,13	0,01	0,07	0,32
5 - Cachoeiro		124	4,45	6,39	0,48	3,25	12,12
de	14	125	5,78	9,70	0,24	1,57	4,57
Itapemirim		126	5,07	8,29	0,00	0,01	0,02
		133	5,63	8,48	0,37	2,39	6,98
	15	134	5,82	8,84	0,35	2,16	6,97
		135	7,13	8,96	0,25	1,58	3,95
		142	6,31	9,15	0,18	1,19	3,23
	16	143	4,77	7,90	0,05	0,17	0,23
		144	4,31	7,99	0,00	0,01	0,02
6 - Cachoeiro		151	6,57	9,46	0,20	1,45	3,95
de	17	152	5,16	7,70	0,05	0,22	0,01
Itapemirim		153	4,60	7,68	0,00	0,00	0,01
		160	5,60	8,41	0,25	1,66	5,30
	18	161	4,61	7,15	0,16	0,88	2,19
		162	4,46	7,38	0,00	0,01	0,06

Fonte: Dados dessa pesquisa.

Apêndice C – Análise estatística da retenção (kg i.a./m³) do CCA nas peças analisadas

Fontes de Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F
Posição	2	476,14	238,07	20,99 **
Estabelecimentos	5	456,58	91,31	8,05 **
Pos x Estab	10	237,78	23,78	2,10 *
Resíduo	36	408,39	11,34	-

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F.

Fonte: Dados dessa pesquisa.