

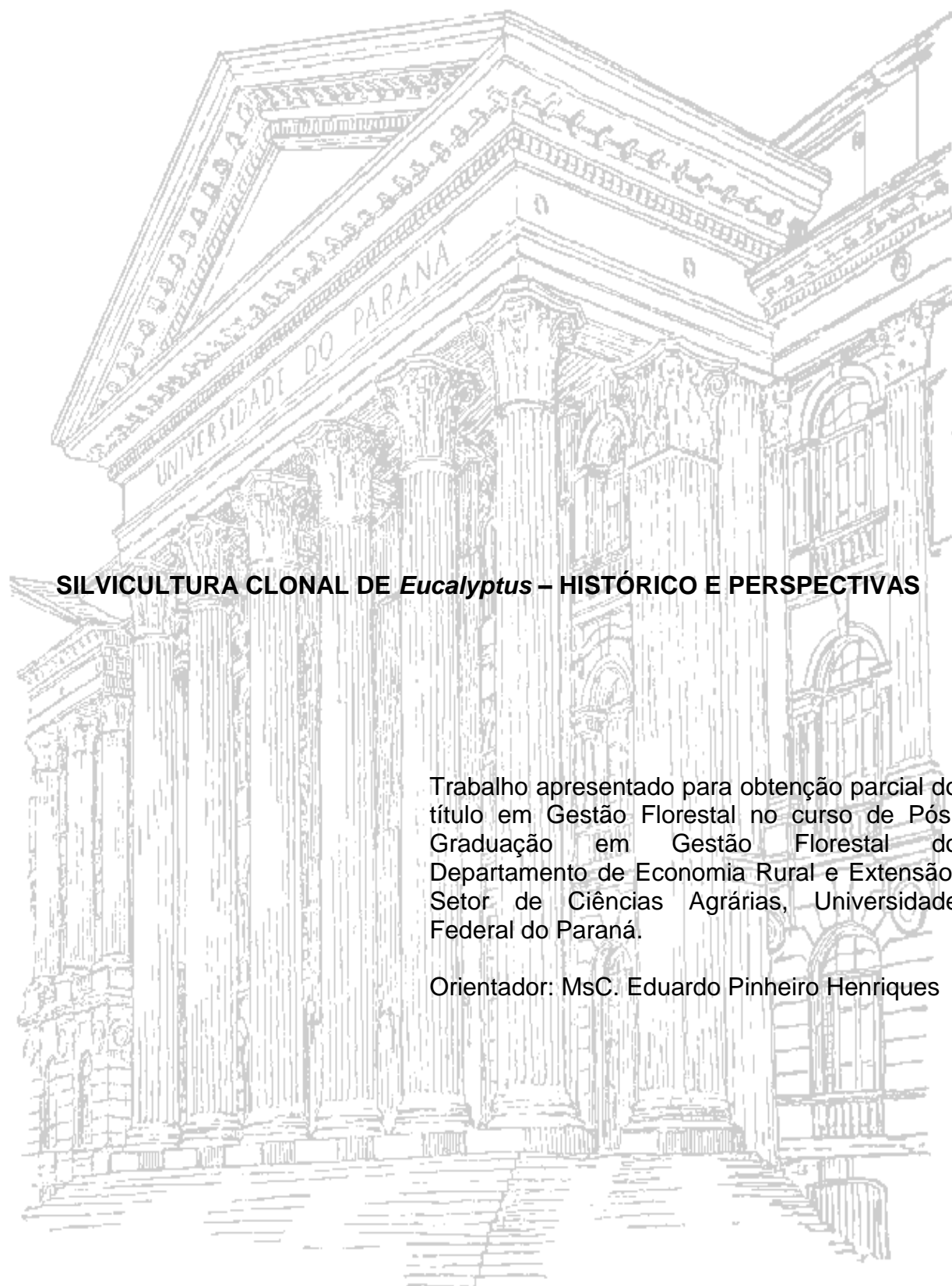
THIERRY BRUSTOLINI OLIVEIRA RENA

SILVICULTURA CLONAL DE *Eucalyptus* – HISTÓRICO E PERSPECTIVAS

CURITIBA - PR

2013

THIERRY BRUSTOLINI OLIVEIRA RENA



SILVICULTURA CLONAL DE *Eucalyptus* – HISTÓRICO E PERSPECTIVAS

Trabalho apresentado para obtenção parcial do título em Gestão Florestal no curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: MsC. Eduardo Pinheiro Henriques

CURITIBA - PR

2013

THIERRY BRUSTOLINI OLIVEIRA RENA

SILVICULTURA CLONAL DE *Eucalyptus* – HISTÓRICO E PERSPECTIVAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal, do curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, à seguinte Banca Examinadora:

Orientador: MsC. Eduardo Pinheiro Henriques

Prof.
Universidade Federal do Paraná

Prof.
Universidade Federal do Paraná

Curitiba, de de 2013.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus.

A minha família e a minha noiva pela paciência, compreensão e apoio nesta caminhada.

Ao Eduardo Pinheiro Henriques pela sua dedicação e pela orientação e profissionalismo em transmitir todo conhecimento e informações que auxiliaram na elaboração e desenvolvimento deste trabalho.

Aos demais professores do curso, que nos auxiliaram na construção de uma base sólida e segura para o desenvolvimento intelectual ao longo do curso e para o nosso desenvolvimento profissional.

A todos os colegas que de alguma forma contribuíram com o desenvolvimento do curso e deste trabalho.

RESUMO

A necessidade global por produtos madeireiros tem aumentado a cada ano, devido a crescente escassez de madeira de espécies arbóreas nativas. Diante disto, tem-se observado um crescente interesse pela silvicultura clonal por grandes empresas, investidores e produtores rurais, principalmente decorrente das vantagens advindas deste processo: solução de problemas de doenças, homogeneidade de plantios e produtividade. No que tange a silvicultura clonal de *Eucalyptus* esta técnica de plantio florestal se destaca por apresentar maior homogeneidade, propiciar controle de pragas e doenças através do plantio de materiais resistentes e maior produtividade, associada ao plantio de materiais superiores selecionados. Esta técnica ganhou força nos últimos anos pelo fato do setor industrial buscar uma forma de suprimento de matérias primas de qualidade, especialmente relacionada à uniformização desta e em quantidades suficientes que não comprometa suas produções. Este tema encontra-se em constantes discussões sendo amplamente difundido e aplicado pelas empresas do setor florestal, desta forma, este estudo tem por objetivo analisar e compreender a importância da silvicultura clonal de *Eucalyptus* para este setor através de pesquisas bibliográficas. Serão apresentados estudos de casos a respeito da situação de algumas empresas florestais com o objetivo de ilustrar o tema discutido ao longo do trabalho.

Palavras Chave: Silvicultura clonal, clonagem de eucalipto, melhoramento genético de eucalipto, propagação vegetativa.

ABSTRACT

Eucalyptus Clonal Silviculture – Historical and Perspectives

The world need for wood products increases every year due to the scarcity of wood from native species. A growing interest has been observed in clonal silviculture by companies, investors and farmers, mainly due to the advantages of this process which include lower: disease incidence, homogeneous planting and high yields. Clonal *Eucalyptus* silviculture, excels due to it's greater homogeneity and control, by planting selected improved materials the impact of pests and diseases is minimized and productivity maximized. This technique has gained strength in recent years due to the industrial sector demand for a continuous supply of quality raw materials and in sufficient quantities to compromise their productions. This theme has been widely discussed, disseminated and applied by forest companies and this study aims to analyze and understand the importance of clonal *Eucalyptus* silviculture for this sector through bibliographic research. Case studies will be presented regarding the status of forest companies in order to illustrate the theme discussed in this study.

Key Words: Clonal silviculture, cloning, breeding, vegetative propagation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1. SILVICULTURA CLONAL – HISTÓRICO.....	10
3.2. SILVICULTURA CLONAL – HISTÓRICO NO BRASIL.....	11
3.3. PRINCÍPIOS BIOLÓGICOS E CARACTERIZAÇÃO DA SILVICULTURA CLONAL DE <i>EUCALYPTUS</i>	14
3.4. ETAPAS DA SILVICULTURA CLONAL DE <i>EUCALYPTUS</i>	16
3.5. MELHORAMENTO GENÉTICO DE <i>EUCALYPTUS</i>	22
3.6. CLONAGEM DE <i>EUCALYPTUS</i>	24
3.7. BIOTECNOLOGIA APLICADA A SILVICULTURA CLONAL.....	25
3.8. PERSPECTIVAS DA SILVICULTURA CLONAL DE <i>EUCALYPTUS</i>	27
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
5. DISCUSSÃO	29
5.1. CASES DE SUCESSO.....	30
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

A necessidade por produtos madeireiros tem aumentado a cada ano, principalmente pela crescente escassez de madeira de espécies arbóreas nativas (Wilcken *et al.* 2008). Desta forma, o plantio comercial de espécies arbóreas se tornou uma importante atividade econômica como forma de reduzir a pressão sobre as florestas nativas e fornecimento de madeira de forma sustentável.

Assim, a Silvicultura, definida como atividade ligada ao cultivo das árvores, tem sido tradicionalmente aplicada como um dos mais importantes instrumentos para a obtenção de matéria-prima destinada ao atendimento de diversas demandas, que vão do pequeno agricultor à grande indústria de base florestal.

O processo de implantação florestal engloba atividades que vão desde a escolha do material genético que será utilizado para a formação do povoamento até as operações que serão realizadas em nível de campo como preparo do solo, plantio, tratamentos silviculturais até o estabelecimento da floresta.

O gênero *Eucalyptus* vem se destacando como um dos principais representantes nos programas de reflorestamento no Brasil, devido as suas características de rápido crescimento, boa adaptação às condições edafoclimáticas existentes no País, tecnologia de produção, desenvolvimento de práticas silviculturais eficientes, além do múltiplo uso da madeira.

Diante disto, tem-se observado um crescente interesse pela silvicultura clonal por grandes empresas, investidores e produtores rurais, principalmente decorrente das vantagens advindas deste processo, como: solução de problemas de doenças, heterogeneidade de plantios e produtividade (XAVIER e SILVA, 2010). A silvicultura clonal é caracterizada como a formação de uma floresta clonal que vai desde a seleção de árvores superiores, multiplicação vegetativa, avaliação de árvores selecionadas em teste clonal, produção de mudas, estabelecimento e condução da floresta clonal até a sua colheita. Segundo o Anuário Estatístico da ABRAF 2013 –

Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, o Brasil conta com aproximadamente 7 milhões de hectares de florestas plantadas, onde 5,1 milhões de hectares estão plantados com *Eucalyptus* e onde estima-se que 3 milhões destes são de florestas clonais.

Desta forma, o plantio clonal de *Eucalyptus* vem crescendo cada vez mais no Brasil. Isso se deve a disponibilidade de materiais selecionados para as mais diversas regiões do país e para diversos fins comerciais, sendo uma das mais evoluídas do mundo. Além disto, os plantios florestais formados por clones tem-se se mostrado superiores aos formados a partir de sementes, em várias condições ambientais.

No que tange a silvicultura clonal de *Eucalyptus*, esta técnica de plantio florestal se destaca por apresentar maior homogeneidade, propiciar controle de pragas e doenças através do plantio de materiais resistentes e maior produtividade, associada ao plantio de materiais superiores selecionados. Esta técnica ganhou força nos últimos anos, principalmente pelo fato do setor industrial buscar uma forma de suprimento de matérias primas de qualidade, especialmente relacionada à uniformização desta e em quantidades suficientes que não comprometa suas produções.

2. OBJETIVOS

Este estudo tem por objetivo geral analisar e compreender a importância da silvicultura clonal de *Eucalyptus* para o setor florestal brasileiro. Tendo ainda como objetivos específicos:

- Descrever a origem da silvicultura clonal do *Eucalyptus*;
- Analisar a evolução da silvicultura clonal do eucalipto no Brasil;
- Descrever as aplicações e as tecnologias empregadas no processo de silvicultura clonal de *Eucalyptus*;
- Caracterizar os programas de melhoramento genético de *Eucalyptus*;
- Analisar as perspectivas futuras da silvicultura clonal dentro do âmbito do melhoramento genético e biotecnologia.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. SILVICULTURA CLONAL – HISTÓRICO

Em razão da importância dos plantios clonais, o termo “silvicultura clonal” tem sido empregado para designar a adoção de técnicas silviculturais em um programa de implantação e manejo de um povoamento clonal (XAVIER *et al.*, 2013). Sendo assim, a silvicultura clonal significa mais do que simplesmente clonar uma árvore, sendo a clonagem um pré-requisito para a ocorrência desta modalidade de cultivo.

Desta forma, a silvicultura clonal é caracterizada como todo o processo de formação de um povoamento clonal, desde a seleção da árvore superior, multiplicação vegetativa, avaliação de árvores selecionadas em teste clonal, produção de mudas, o estabelecimento e a condução do povoamento até a colheita (XAVIER *et al.*, 2013).

Relatos históricos indicam que a silvicultura clonal foi estabelecida há mais de 500 anos para as espécies *Cryptomeria japônica* no Japão e *Cunninghamia lanceolata* na China (LI MINGHE; RITCHIE, 1999), sendo também conhecida e aceita para as espécies *Populus* spp. e *Salix* spp. nas zonas temperadas e várias outras espécies florestais em diferentes partes do mundo (OHBA, 1993; ZSUFFA *et al.*, 1993).

A silvicultura clonal surgiu no início do século XX como um sistema silvicultural e baseava-se essencialmente na enxertia como processo de propagação do material vegetal, entretanto, tais procedimentos adotados seguiam práticas hortícolas, consideradas inapropriadas para silvicultura, em virtude dos custos e do desconhecimento da especificidade dos clones (LIBBY; AHUJA, 1993). Assim, com os avanços nas técnicas de propagação vegetativa e sua efetiva aplicação na silvicultura, o termo “silvicultura clonal” se tornou mais abrangente do que “clonagem de árvores”.

Nas regiões tropicais e subtropicais, atualmente, o *Eucalyptus* constitui-se em um dos gêneros mais explorados e tem merecido atenção especial na silvicultura clonal, principalmente devido ao interesse econômico, domínio de tecnologias para as mais diversas aplicações, variados propósitos comerciais, pela razoável facilidade de propagação vegetativa aliada as características de rápido crescimento, dentre outros (ASSIS; MAFIA, 2007).

3.2. SILVICULTURA CLONAL – HISTÓRICO NO BRASIL

Segundo Ferreira (1992), a origem da silvicultura clonal no Brasil está diretamente ligada ao programa de Incentivos Fiscais ao Reflorestamento, instituído a partir de 1966, pelo Governo Federal. Até 1966 existiam no Brasil 600.000 a 700.000 ha de plantações de *Eucalyptus*, predominando o *E. saligna*, 60%; *E. alba* (conhecido atualmente como *E. urophylla*), 30%; outras espécies, 10%. Essas plantações estavam situadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

Campinhos e Silva (1990) relatam que em 1967 a Cia. Aracruz Florestal iniciou seu programa de plantio no Estado de Espírito Santo, utilizando as mesmas espécies cultivadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. As sementes eram oriundas das introduções efetuadas pela FEPASA – Ferrovia Paulista, a partir de 1904.

As hibridações não controladas, a grande variação das plantações em termos de vigor, forma e qualidade da madeira, indicaram que as fontes de sementes não eram adequadas. Como consequência, o *E. saligna* apresentou alta susceptibilidade ao cancro (*Cryphonectria cubensis*) e o rendimento volumétrico das plantações não ultrapassou 24 a 28 m³/ha/ano. O "*E. alba*" apresentou alta variação fenotípica e rendimento volumétrico médio 22 a 24 m³/ha/ano. O *E. grandis* apresentou 30 a 40 m³/ha/ano, segundo Ikemori (1990).

Ferreira (1992) explica que as empresas associadas ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF, em 1969, preocupadas com a qualidade fisiológica e genética das sementes que vinham sendo utilizadas, trazem ao Brasil o Prof. Pryor, para um parecer técnico sobre as alternativas para melhorar a qualidade das sementes. Como consequência dessa visita, obedecendo às recomendações do Prof. Pryor, as empresas Champion Papel e Celulose e Duratex S/A., passam a reintroduzir da Austrália as principais espécies para a indústria de celulose e chapas de fibras.

Plantios de *E. grandis*, procedência Coff's Harbour, foram iniciados em 1970, onde até tal data os rendimentos volumétricos médios das plantações estavam entre 17 m³/ha/ano a 30 m³/ha/ano, nas associadas ao IPEF. Com os primeiros plantios de sementes provenientes da Austrália, observou uma elevação do rendimento para 30 a 50 m³/ha/ano e, como consequência: a) intensificaram-se os estudos de procedências das sementes das principais espécies; b) todo o programa de melhoramento, baseado nas Introduções da FEPASA, passa a ser reformulado; c) intensificaram-se, a nível do Governo Federal, os estudos de seleção de espécies/procedências em cooperação direta com a Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) (FERREIRA, 1992).

Para Ikemori (1990), os trabalhos de Lamberto Golfari foram básicos para os zoneamentos ecológicos das plantações de essências exóticas no Brasil. No período de 1966 a 1978 cerca de 1,9 milhão de ha foram plantados.

No período de 1970 a 1984 cerca de 2.200 lotes de sementes de 55 espécies, envolvendo procedências/progênes, foram cadastrados pelo IPEF, somente nas suas associadas e a nível de Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal – IBDF. A partir de 1984, através da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, foram programadas coletas específicas na Austrália, contando hoje o Brasil com grande acervo genético (FERREIRA, 1992).

Em 1973, a Aracruz Florestal iniciou seu programa de melhoramento florestal pela introdução de 50 espécies de eucaliptos e mais de 1.000 lotes de sementes, envolvendo procedências ou indivíduos oriundos da Austrália e Indonésia, conforme cita Ikemori (1990). Ferreira (1992) explica que este programa iniciado pela Aracruz Florestal procurou estabelecer estratégias combinadas de processos sexuais e assexuais.

Em 1974, após testes preliminares com sementes de *E. grandis* provenientes da África do Sul e Zimbabwe, que deram origem a florestas com maior produtividade e homogeneidade da madeira, estas passam a ser as sementes básicas para o programa da Aracruz (CAMPINHOS, 1987).

De acordo com Ferreira (1992) em 1974 as plantações estabelecidas a partir de 1967 na região costeira do Estado do Espírito Santo, oriundas de sementes de *E. saligna*, "*E. alba*" e *E. grandis* da FEPASA, passaram a ser intensivamente estudadas por Tomazello (1976), em relação à resistência ao cancro. Esses estudos demonstraram que: as populações eram altamente hibridógenas; havia alta resistência ao cancro a nível individual e que as árvores com cascas tipo "Gum" (lisa) eram as mais resistentes, (especificamente aquelas que eram híbridas com *E. tereticornis*).

Segundo Ferreira (1992) essas conclusões foram básicas para se estabelecer a estratégia da utilização clonal destes indivíduos superiores, pois a sua inclusão no programa via sexual seria totalmente inadequada.

Ferreira (1992) cita que Poggiani e Suiter (1974) desenvolveram o método de propagação vegetativa de estacas retiradas de brotações de cepas. Iniciaram-se os estudos da propagação clonal dos eucaliptos através de enraizamento de estacas sob nebulização em casas de vegetação. Neste mesmo período Norman Jones, técnico da FAO assessorando o IBDF, é deslocado para o Departamento de Ciências Florestais, onde amplia os estudos de enraizamento de estacas obtidas de brotação das cepas.

Em 1979, a primeira plantação clonal comercial, com 1.000 ha, era estabelecida. Em 1989, o programa anual já era de 15.000 ha (IKEMORI, 1990). Chaperon (1987) relata que produção anual de estacas em 1987 era: Aracruz 16,8 milhões; Belgo Mineira, 21 milhões; Champion, 10 milhões; Vale do Rio Doce, 20 milhões; Jari, 10 milhões; Duraflora, 15 milhões; Klabin, 10 milhões.

3.3. PRINCÍPIOS BIOLÓGICOS E CARACTERIZAÇÃO DA SILVICULTURA CLONAL DE *EUCALYPTUS*

De uma forma geral, a propagação de plantas superiores pode ser obtida de duas formas: sexuada e assexuada. A primeira é caracterizada por ter a semente como estrutura de propagação resultado da fecundação e desenvolvimento do óvulo maduro, compreendendo o embrião, estruturas de reserva e um ou mais tegumentos. Esta forma de reprodução possibilita recombinação genética entre plantas. Já a segunda forma tem nos propágulos vegetativos seu meio de reprodução, sendo este qualquer estrutura vegetativa que possibilite a reprodução de uma planta, como: raiz, caule, folha, dentre outros (XAVIER *et al.*, 2013).

A propagação vegetativa somente é possível devido à capacidade que as células têm de regenerar órgãos ou plantas, em razão da sua totipotência. Na propagação vegetativa a constituição genética é, portanto mantida inalteradas nas plantas resultantes, formando o clone (XAVIER *et al.*, 2013).

Uma das principais implicações nesta forma de propagação é a constituição de populações com maior uniformidade em ambiente homogêneo, em relação a populações advindas de sementes. No entanto, tal forma pode tornar estas populações mais vulneráveis às variações adversas do ambiente, sejam estas bióticas ou abióticas (XAVIER *et al.*, 2013).

Xavier *et al.* (2013) refere-se mais precisamente a caracterização da silvicultura clonal, distinguindo-a do mero uso de clonagem de árvores. Assim algumas características básicas qualificam a silvicultura clonal, sendo elas:

1. O fato de a clonagem de árvores constituir um pré-requisito para a silvicultura clonal, por ser a técnica básica na produção de mudas nessa atividade;
2. Necessidade de conhecimento sobre o desempenho do clone. A utilização de testes clonais é um instrumento importante na avaliação dos clones, em virtude da utilização almejada; o desempenho do clone pode ser acompanhado ao longo do ciclo de produção, bem como o comportamento em diferentes sítios. Informações sobre a especificidade de uso aliadas ao desenvolvimento silvicultural indicarão o uso mais apropriado;
3. Conhecimento das técnicas mais adequadas de propagação e manejo em viveiro de determinado clone, dada à necessidade de atender à produção de mudas clonais;
4. Necessidade de adequação de práticas silviculturais, em que a definição de espaçamento de plantio, nutrição, tratos culturais e ciclos de rotação econômica deve atender às exigências de comportamento e uso final de determinado clone;
5. A diversidade genética entre os clones deve ser conhecida, visto que os plantios clonais apresentam, em geral, menor base genética em relação aos plantios via semente;
6. Possibilidade de captura de ganho genético adicional em relação ao processo sexuado. Isso se deve ao fato de que, na seleção do clone, captura-se, além da variação genética aditiva, a variação não aditiva. Nessas condições, combinações genéticas raras e favoráveis para determinadas situações podem ser clonadas, antecipando resultados que determinariam longo tempo no processo sexuado para recomendações comerciais;
7. Possibilidade de utilização de genótipos de alta produtividade, adaptação e uniformidade a custos competitivos, o que torna a silvicultura clonal um atrativo do ponto de vista comercial;
8. Oportunidade de usar tecnologias inovadoras, como a transformação genética, na obtenção de plantas de interesse comercial, as quais podem ser multiplicadas e para um projeto de floresta clonal.

Assim, devem-se conhecer as características dos clones a serem utilizados, desde as características silviculturais até seu uso final, visando atender aos requisitos técnicos e econômicos (XAVIER *et al.*, 2013).

3.4. ETAPAS DA SILVICULTURA CLONAL DE *EUCALYPTUS*

A silvicultura clonal abrange muito mais do que simplesmente a etapa de clonagem, sendo assim, descreveremos a seguir as diversas etapas existentes dentro desta modalidade de cultivo.

3.4.1. Seleção de Árvores Superiores

A seleção de árvore superior consiste na seleção de árvores com as características desejáveis e com vigor vegetativa, geralmente superior ao das demais plantas dentro de tal população. Esta seleção pode ocorrer em áreas de plantios advindos de reflorestamentos comerciais seminais, com larga variabilidade genética e sem controle de famílias ou então em áreas experimentais, como nas áreas de teste de progênie com controle de famílias. A partir desta seleção constituirão os futuros clones. Normalmente, é dada preferência à seleção em locais que apresentam condições similares às do futuro plantio (XAVIER *et al.*, 2013).

Em programas de silvicultura clonal de *Eucalyptus*, a seleção de árvores superiores tem sido realizada, principalmente, em plantios comerciais, devido a grande variabilidade genética encontrada e pela necessidade de obter-se resultados em curto prazo, operacionalidade e eficiência obtida nos processos seletivos dos clones. No entanto, em programas mais avançados tem sido adotada a seleção de árvores superiores em testes de progênies, pois, para seleção de árvores superiores visando à clonagem, os testes de progênies têm sido considerados a forma mais adequada e de maior eficiência, principalmente, nas situações em que o programa clonal baseia-se em características de baixa herdabilidade (ASSIS; MAFIA 2007, XAVIER *et al.* 2013).

3.4.2. Resgate e Multiplicação de Árvores Superiores

Segundo Xavier *et al.* (2013), após a seleção das árvores superiores, as fases seguintes referem-se ao resgate e multiplicação vegetativa. Desta forma, o

enraizamento de estacas de *Eucalyptus* tem sido a técnica de multiplicação vegetativa mais utilizada para a propagação clonal de árvores selecionadas, principalmente em se tratando da planta na idade adulta.

O processo consiste em decepar a árvore selecionada, buscando propiciar a emissão de brotações na base da planta, as quais são posteriormente coletadas e estaqueadas, visando à obtenção de brotações em porções com maior grau de juvenilidade daquela planta (XAVIER *et al.*, 2013). Além da decepa, existem outras técnicas de resgate, nas quais a planta matriz é mantida em sua condição inicial no campo, tais como a enxertia, o anelamento na base do tronco, a indução das brotações basais pela ação do fogo, e o uso de brotações epicórmicas induzidas em partes de ramos e galhos da árvore selecionada (ALFENAS *et al.*, 2009). No entanto, Xavier e Silva (2009) explicam que todas estas técnicas visam à indução de brotações destinadas à produção de estacas para obtenção de mudas clonais para o estabelecimento dos testes clonais, os quais são imprescindíveis para selecionar efetivamente os melhores clones.

3.4.3. Avaliação e Seleção de Clones

Após o resgate e a multiplicação de plantas superiores, é recomendada então, a realização dos testes clonais. Esta nova fase consiste na instalação de testes clonais, os quais deverão ser implantados em condições ambientais que representem a variação dos ambientes de plantio, sendo implantados de diferentes formas, de acordo com o objetivo e a estratégia de avaliação (Xavier *et al.*, 2013). Os mesmos autores citam que o objetivo desta fase é avaliar o desempenho clonal, as interações “genótipo X ambiente”, estimar parâmetros genéticos, estimar o efeito “C” (efeito de “clonagem”), além de servir como área de demonstração do desempenho da futura planta.

Segundo Xavier e Silva (2009) as principais técnicas utilizadas para *Eucalyptus* são: a) grande número de clones (300 a 500 clones) para análise rápida, por meio de uma avaliação precoce e em parcelas pequenas (parcelas de uma planta ou parcelas lineares de 5 a 10 plantas); b) instalação de parcelas

quadrangulares de 4 a 49 plantas para avaliação do desempenho de clones selecionados na fase anterior (30 a 50 clones), e; c) avaliação da performance comercial (plantio piloto) de um número reduzido de clones selecionados anteriormente (5 a 10 clones).

Xavier *et al.* (2013) relatam que algumas destas etapas podem ser eliminadas, devido a outras questões como: custos; tempo disponível para seleção de clones; dos objetivos a serem alcançados com a clonagem; da disponibilidade de áreas para testes; da disponibilidade de mudas; e dos riscos que a empresa pretende correr. Geralmente são colocados os melhores materiais genéticos comerciais (clones ou sementes melhoradas) como testemunha para uma análise comparativa comportamental de produtividade comercial.

3.4.4. Propagação Clonal de *Eucalyptus*

Nos últimos anos foram desenvolvidas metodologias de propagação vegetativa que aperfeiçoaram a técnica de estaquia, denominadas de “miniestaquia” e “microestaquia”. Tais técnicas proporcionaram a minimização de algumas dificuldades no processo de produção de mudas de certos clones e espécies, principalmente no que concerne ao enraizamento.

A propagação clonal em *Eucalyptus* por estaquia é efetuada a partir do enraizamento de estacas caulinares confeccionadas a partir de brotações provenientes de cepas de árvore selecionada, banco clonal ou jardim clonal. O uso de jardim clonal tem sido a forma mais aplicada, pois permite um manejo intensivo e ajustado para obtenção de brotações, destinado ao êxito do enraizamento das estacas. A frequência das coletas no jardim clonal varia, em média, de 15 a 45 dias, cujo período depende da espécie, clone, clima, ambiente e da metodologia de coleta (ALFENAS *et al.* 2009, XAVIER *et al.* 2013).

Xavier e Silva (2009) explicam que devido às dificuldades de propagação vegetativa, principalmente no que se refere ao material adulto e à variação entre

clones, o processo de propagação vegetativa tem utilizado técnicas como a miniestaquia e microestaquia, como descrito a seguir.

A miniestaquia é similar à técnica de estaquia convencional, mas apresenta variações metodológicas que permitiram a otimização do enraizamento e qualidade da muda clonal. A técnica utiliza brotações de plantas propagadas pelo método de estaquia e/ou, da própria miniestaquia, como fontes de propágulos vegetativos. Estas plantas são acondicionadas em uma estrutura chamada de minijardim clonal, a qual pode ser formada por diversos sistemas, sendo que o sistema mais utilizado pelas empresas florestais é o de “canaletão” de areia. Este é um sistema semihidropônico composto por uma calha contendo material inerte (areia), que serve como substrato para a sustentação das minicepas. O sistema de gotejamento é o mais utilizado para a irrigação e a nutrição (fertirrigação), cujo sistema pode ser automatizado e variável em função do material genético (clone), do ambiente e do nível tecnológico utilizado (ASSIS; MAFIA 2007, ALFENAS *et al.* 2009, XAVIER *et al.* 2013).

Após o plantio das mudas no minijardim clonal, faz-se a poda do ápice da brotação da estaca enraizada, para que esta emita novas brotações (miniestacas) que são coletadas para enraizamento. As miniestacas normalmente possuem dimensões que variam de 5 a 8 cm de comprimento, contendo de um a três pares de folhas, geralmente cortadas transversalmente, visando evitar o excesso de transpiração e algumas pragas e/ou doenças. O processo de enraizamento e de formação das mudas de miniestacas segue os mesmos procedimentos da técnica de estaquia, com a exceção da aplicação de regulador de crescimento AIB (ácido indolbutírico) na base das miniestacas, que é dispensada em muitos casos (ASSIS; MAFIA 2007, ALFENAS *et al.* 2009, XAVIER *et al.* 2013).

A microestaquia diferencia-se da miniestaquia basicamente pela origem do material que compõe o jardim microclonal, uma vez que neste caso as microcepas são mudas micropropagadas e na miniestaquia as minicepas são mudas propagadas pela estaquia/miniestaquia. Quanto aos aspectos fisiológicos, espera-se que as microcepas tenham maior grau de juvenildade e vigor em relação às

minicepas, visto estas terem sido rejuvenescidas pela micropropagação. Neste processo de propagação vegetativa as microestacas, comparativamente às miniestacas, apresentem melhor resposta em termos de vigor e percentual de enraizamento. Aliado a isto, na microestaquia, não se recomenda à aplicação de AIB (regulador de crescimento ácido indolbutírico), entretanto, a microestaquia requer estruturas de laboratórios de cultura de tecidos para que seja realizada a micropropagação, o que corrobora com aumento de custo na produção das mudas (ASSIS; MAFIA 2007, XAVIER *et al.*, 2013).

Diante do que foi apresentado, Xavier e Silva (2009) explicam que a opção pela miniestaquia precedendo a microestaquia pode ser considerada como uma boa estratégia, em função da miniestaquia não necessitar de estruturas de laboratórios de cultura de tecidos, colaborando assim para produção de mudas com menor custo. Isto é justificado em algumas situações onde a miniestaquia pode apresentar resultados tão eficientes quanto aos da microestaquia. Porém, para clones que apresentam dificuldades de propagação pela miniestaquia, a microestaquia torna-se a alternativa de propagação vegetativa para estes materiais.

De acordo com Ferrari *et al.* (2004) a escolha da técnica de propagação vegetativa dependerá do objetivo final considerando suas vantagens e limitações técnicas e econômicas. É importante salientar que tais técnicas se complementam cada qual tendo sua aplicabilidade em determinada fase do programa de clonagem e em função da disponibilidade financeira, mão-de-obra qualificada e treinada e de estruturas para sua execução, o que influenciará na tomada de decisão da melhor estratégia a ser adotada.

3.4.5. Plantios Clonais

Xavier *et al.* (2013) cita que após a opção pela utilização de clones na formação de povoamentos florestais, a forma de distribuição e o número destes constituem importante fator no estabelecimento e gerenciamento do programa clonal.

Entre as várias modalidades de distribuição de clones no plantio comercial, as de maior aplicação no plantio comercial é o plantio multiclonal e o plantio monoclonal em mosaico (mais utilizado comercialmente). Vale ainda salientar os plantios denominados mix clonal e a clonagem de famílias selecionadas (XAVIER e SILVA, 2009, XAVIER *et al.*, 2013).

Xavier *et al.* (2013) explica que no plantio multiclonal ocorre à mistura aleatória ou sistemática de vários clones na composição da área de plantio, assim, esta modalidade tenta usufruir da vantagem de uma estrutura genética mais próxima de uma floresta natural ou seminal. No plantio monoclonal os clones são selecionados para sítios específicos e plantados individualmente em blocos, sendo cada parcela de plantio é constituído por plantas de um mesmo clone.

No entanto, algumas questões ainda permanecem em discussão, tais como o tamanho dos blocos, a distribuição dos clones na área e a área total plantada com um único clone. Outro questionamento está relacionado à definição do número de clones que deverão ser utilizados na composição do projeto, sendo importante à análise de algumas considerações num contexto técnico, operacional e econômico: a) preocupações biológicas relacionadas à redução da base genética (diversidade genética); b) interação “clone X ambiente”; c) uso futuro da madeira e a seguridade de manutenção naquele mercado consumidor; d) quanto à questão operacional; e) experiência com os clones em termos de práticas de manejo florestal e de nutrição, bem como do conhecimento do uso final da madeira, e; f) área mínima e máxima plantada com um clone, ou seja, o tamanho do projeto (área plantada) (XAVIER *et al.*, 2013).

Xavier e Silva (2009) relatam que o setor florestal brasileiro, de forma geral, tem adotado nos plantios comerciais o plantio monoclonal, em mosaico utilizando no mínimo cinco mas podendo variar a algumas dezenas de clones de *Eucalyptus*. Os critérios são os mais variados na sua recomendação, porém ainda não existe um consenso de uma metodologia técnico-científica que orienta tal recomendação.

3.5. MELHORAMENTO GENÉTICO DE *EUCALYPTUS*

Fonseca *et al.* (2010) relata que a partir de seu descobrimento na Austrália, o eucalipto se espalhou pelo mundo e, hoje, é plantado comercialmente em vários países. A Índia possui a maior área de plantio, porém apenas 30% é comercial, sendo acompanhado do Brasil, África do Sul, Portugal, Espanha, China, Uruguai e Chile.

Baseado em Eldridge *et al.* (1993), Boland *et al.* (2006) e Fonseca *et al.* (2010), a seguir é apresentada a classificação das principais espécies.

a) Gênero *Eucalyptus*

- Subgênero *Symphyomyrthus*
 - Secção *Transversaria*: *E. grandis*, *E. pellita*, *E. saligna* e *E. urophylla*.
 - Secção *Maidenaria*: *E. benthamii*, *E. dunnii*, *E. globulus*, *E. nitens*, *E. smithii* e *E. viminalis*.
 - Secção *Exsertaria*: *E. brasiana*, *E. camaldulensis* e *E. tereticornis*.
- Subgênero *Idiogenes*: *E. cloeziana*.
- Subgênero *Monocalyptus*: *E. pilularis*, *E. pyrocarpa*.

b) Gênero *Corymbia*: Classificado anteriormente como *Eucalyptus*: *Corymbia citriodora*, *C. torelliana* e *C. maculata*.

O eucalipto foi introduzido no país no início do século XX e tem experimentado certo nível de melhoramento genético ao longo dos anos. Inicialmente foram identificadas e implantadas espécies mais promissoras para os mais diversos ambientes de plantio. Da década de 60 a 80 foram realizados testes de espécies e procedências e subsequentemente intensificaram-se os testes de progênie e os programas de Seleção Recorrente Intrapopulacional (SRI) (KAGEYAMA, 1980; KAGEYAMA e VENCOVSKY, 1983; FONSECA *et al.*, 2010).

Programas intensivos de hibridações foram implementados a partir da década de 90 e, a partir dos anos 2000, iniciaram-se programas de Seleção Recorrente Recíproca (SRR), para melhoramento de híbridos provenientes de cruzamentos entre espécies divergentes.

Fonseca *et al.* (2010) ainda cita que além do processo de melhoramento, houve também a transição dos plantios seminais para plantios clonais. Atualmente os programas de melhoramento genético constituem prioridade no setor florestal, com o objetivo de obterem genótipos superiores, principalmente para a clonagem.

Segundo Fonseca *et al.* (2010), os programas de melhoramento de *Eucalyptus* no Brasil são praticados principalmente pelas empresas de celulose, acompanhadas, mas em menor escala, pelas siderúrgicas usuárias de carvão vegetal. Além das empresas, temos ainda outras instituições que contribuem para o melhoramento do eucalipto, como: EMBRAPA, universidades como UFV, ESALQ/USP, UFLA, UNESP e UFPR, as quais têm gerado conhecimento científico, teses e estudos referentes ao tema.

Uma boa integração “floresta X indústria” é necessária para a eleição, priorização e redirecionamento das características de qualidade da madeira, visando o uso final. Além disto, é necessário ter uma visão de longo prazo sobre as tendências de mercado, visando atender demandas gerais e específicas na criação de novos produtos. É sempre necessário ter genótipos bem adaptados aos locais de plantio para assegurar a obtenção de clones candidatos de alto potencial de crescimento e adaptação. Como o processo de propagação neste tipo de estratégia é a clonagem, a presença de espécies de fácil enraizamento é importante para aumentar a relação entre número de árvores selecionadas e o número de clones efetivamente propagados e utilizados nos plantios comerciais. Também deve ser considerada a ocorrência de fatores bióticos e abióticos nos locais de plantio, o que requer a inclusão de espécies tolerantes ou resistentes a esses fatores (FONSECA *et al.*, 2010).

Conforme cita Fonseca *et al.* (2010), são três os objetivos que constituem o tripé da sustentação do Programa de Melhoramento Genético de Eucalipto: produtividade, qualidade (referente às propriedades ou à qualidade intrínseca a massa produzida) e diversidade genética (manutenção de um nível adequado).

3.6. CLONAGEM DE *EUCALYPTUS*

Na silvicultura clonal, o termo “clone” refere-se a um grupo de plantas obtidas a partir de propágulos vegetativos de uma planta. Desta forma, todo o processo envolvido no programa de silvicultura clonal inicia-se com a seleção de árvores superiores e que através dos seus propágulos vegetativos, darão origem aos clones, por meio do processo de clonagem (XAVIER *et al.*, 2013).

Alfenas *et al.* (2009), relata que:

“As primeiras iniciativas de clonagem de *Eucalyptus* datam de meados do século passado, quando pesquisadores australianos, de Camberra, e franceses do Marrocos e no norte da África multiplicaram várias espécies de *Eucalyptus* por enraizamento de estacas obtidas de mudas seminais. Em 1950, Bouvier, engenheiro florestal francês, descobriu, casualmente, a possibilidade de propagação de materiais juvenis de eucalipto por estaquia.”

A ideia inicial da estaquia surgiu da observação de restos de podas contendo alguns pares de folhas que caíam no chão entre as mudas, num ambiente propício com alta umidade e que enraizavam após alguns dias (ALFENAS *et al.*, 2009).

Contudo, Alfenas *et al.* (2009) cita que tentativas bem-sucedidas de plantas adultas somente foram alcançadas na década de 70, quando foi estabelecido um talhão de *E. grandis* na Austrália.

Entre os anos de 1964 e 1973, pesquisadores franceses do Centro Técnico de Floresta Tropical transferiram a técnica de multiplicação de árvores adultas para República Popular do Congo (ELDRIGDE *et al.*, 1993, ALFENAS *et al.*, 2009).

A heterogeneidade dos plantios e a incidência de cancro (*Cryphonectria cubensis*) na década de 70 foram fundamentais para a introdução e desenvolvimento desta técnica pelos engenheiros Edgar Campinhos e Yara Ikemori (Aracruz Celulose S/A). Na década de 80 possibilitou um grande impulso do setor florestal, com a formação de plantios homogêneos, resistentes a doenças e de alta produtividade. Assim, a implantação desta técnica é considerada referência mundial no controle de doenças. Além disto, acredita-se que se obteve um ganho, em incremento volumétrico, na ordem de 100% em relação aos realizados com sementes (ALFENAS *et al.*, 2009).

Alfenas *et al.* (2009) afirma que a multiplicação clonal permite a plena multiplicação das características da planta-origem, a fim de obter plantios mais uniformes e homogêneos, além de obter crescimentos mais rápidos com a produção de matérias-primas de melhor qualidade e mais homogêneas, facilitando o uso industrial.

3.7. BIOTECNOLOGIA APLICADA A SILVICULTURA CLONAL

A biotecnologia é uma das ferramentas tecnológicas mais importantes da atualidade. Suas aplicações têm contribuído para a estruturação de novos sistemas econômicos e sociais, que contribuem para o desenvolvimento dos países. Processos biotecnológicos vêm sendo utilizados desde as antigas civilizações, quando o ser humano já buscava a melhoria de plantas e animais para consumo através de cruzamentos. De forma ainda bem primitiva, utilizavam-se os processos de fermentação, onde macerado de uvas, cevada ou outros produtos básicos eram submetidos à exposição dos microrganismos presentes no ar, resultando na

produção de derivados úteis ao homem e outros processos biotecnológicos que são utilizados até os dias de hoje (BRASIL, 2010).

Segundo Xavier *et al.* (2013), novos desenvolvimentos da aplicabilidade da biotecnologia em espécies florestais, tem contribuído sistematicamente para ampliar o potencial da silvicultura clonal. Essas tecnologias podem proporcionar oportunidades de ganhos, com multiplicação rápida e eficiente dos genótipos selecionados, constituindo uma importante ferramenta para o melhoramento genético florestal. Contudo, muitas dessas tecnologias ainda carecem de desenvolvimentos básicos para sua real aplicação na área florestal. Na silvicultura clonal, entende-se que o melhoramento genético e a biotecnologia são ciências interdependentes, porém, complementares e contribuem com o desenvolvimento da silvicultura clonal atual.

Ferreira (1992) cita que nos programas mais conservadores, a biotecnologia vem apresentando alto potencial quando ela não é confundida como método de melhoramento, mas sim como uma ferramenta aplicada ao melhoramento. Quando se utilizam clones, cujo histórico inclui a seleção convencional das populações reconhecidamente adaptadas às áreas ecológicas de plantio, seguido do melhoramento, testes clonais, seleções e recombinações posteriores, a continuidade da silvicultura intensiva poderá ser assegurada e os ganhos nas gerações avançadas também o serão. Tal afirmação não elimina a possibilidade da futura utilização de novos clones derivados da biotecnologia, mas essa utilização não será breve e envolverá custos altíssimos, por isso necessitando muitos estudos, desenvolvimento e amadurecimento desta tecnologia e suas aplicações.

De forma geral, as pesquisas acadêmicas têm sido direcionadas para embriogênese somática em *Eucalyptus* e *Pinus*, regeneração da planta através da morfogênese direta ou indireta (organogênese), propagação massal de híbridos obtidos por polinização controlada e resgate de embriões (FERREIRA, 1992).

3.8. PERSPECTIVAS DA SILVICULTURA CLONAL DE *EUCALYPTUS*

Até a década de 90 a silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil estava praticamente restrita às empresas florestais, principalmente pelo fato das mesmas possuírem maior nível de tecnologia em seus empreendimentos e processos florestais. Porém, nota-se que atualmente está ocorrendo uma expansão dos plantios clonais para outras áreas e para os outros níveis de produtores. Com esta nova demanda, está surgindo à necessidade de desenvolver materiais adaptados às condições destes agricultores, que nem sempre tem o domínio das informações sobre os sítios de plantio e nem do comportamento dos clones nestes sítios (XAVIER *et al.*, 2013).

Xavier e Silva (2009) citam que por outro lado, os plantios clonais ficarão mais fragmentados, colaborando com o aumento da segurança ambiental e contribuindo para o desenvolvimento econômico e social da população. Com a evolução dos programas de melhoramento florestal e de seleção clonal observa-se a tendência de se desenvolver materiais mais específicos, tanto para maior adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, otimização no uso de insumos agrícolas e água além de materiais que possibilitem diversas utilidades a madeira. A adoção de clones específicos será cada vez mais implementada, principalmente em função dos avanços da silvicultura de precisão.

Para Xavier e Silva (2009) um novo desafio para a silvicultura clonal de *Eucalyptus* será a aplicação das técnicas de biotecnologia, as quais requerem a integração de várias disciplinas incluindo microbiologia, bioquímica, genética e engenharia bioquímica. O uso destas ferramentas permitirá obter novos possíveis ganhos, sendo eles: a alteração do ciclo reprodutivo das plantas, maior tolerância a herbicidas e estresses abióticos, modificação da arquitetura vegetal, manipulação de parâmetros ligados à madeira, como os teores de lignina e celulose, induzir resistência a doenças e pragas, dentre outros.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada na elaboração do presente trabalho consiste em revisão de literatura disponível sobre o tema e a coleta de dados específicos relacionados às questões da silvicultura clonal e melhoramento genético de empreendimentos florestais instalados no Brasil.

A fim de demonstrar a importância da silvicultura clonal no cenário empresarial de base florestal nacional, foram selecionadas empresas inseridas nos três principais mercados deste setor: carvão vegetal siderúrgico, madeira processada e celulose e papel. As empresas escolhidas foram: Aperam Bioenergia, Duratex, Fibria, Klabin e Vallourec (V&M Florestal).

Para obtenção dos dados foram utilizadas publicações divulgadas por empresas que optaram por implantar e manter florestas clonais em seus processos de manejo. As publicações consistem nos respectivos Planos de Manejo Florestal, Relatórios de Sustentabilidade Empresarial *Web Sites*, dentre outros.

5. DISCUSSÃO

Neste presente capítulo são apresentados alguns cases de sucesso, conhecidos no mercado, na utilização da silvicultura clonal como base no manejo florestal e produção de matéria prima para seus respectivos fins. A fim de se dar maior abrangência ao trabalho, serão apresentados dados de empresas nos três principais mercados no setor florestal, sendo eles: carvão vegetal siderúrgico, madeira processada e celulose e papel.

Podemos observar que a silvicultura clonal e os programas de melhoramento genético de *Eucalyptus* são amplamente utilizados pelas empresas e são fundamentais nos ganhos de produtividade na floresta, ganhos de produtividade industrial, bem como redução de custos de processo e melhorias na qualidade dos produtos, além da manutenção da competitividade das empresas nestes mercados.

Ainda no âmbito do melhoramento genético, nota-se que as empresas tem como prioridade seus programas e que estes, hoje, estão fortemente direcionados as questões tecnológicas da madeira, visando produzir matérias-primas cada vez melhores, tecnologicamente, para os processos industriais. Isto vem ocorrendo, principalmente, por conta da maior aproximação e integração “floresta X indústria”.

Com relação à clonagem, o que se observa é a utilização, em escala comercial, dos métodos de miniestaquia por parte das empresas florestais citadas, com produção de mudas para os plantios clonais e atendimento das suas respectivas demandas industriais. Isto se deve pelo fato deste método permitir bons índices de enraizamento e qualidade das mudas clonais, utilizando miniestacas colhidas nos minijardins clonais. Além disto, esta técnica se mostra mais viável, técnica e economicamente, quando comparada às técnicas de estaquia e microestaquia, com custos mais baixos e competitivos, necessitando menor infraestrutura e gastos.

Quanto à biotecnologia, observa-se sua utilização como ferramenta auxiliar no melhoramento genético, conforme citado nos cases da Fibria, empresa esta que já utiliza algumas técnicas em seus programas de melhoramento como: marcadores moleculares, e no case da Klabin, que além da sua utilização na área florestal, também aplica esta tecnologia nos seus processos industriais. Outro ponto de extrema relevância é o registro do primeiro plantio de campo, a nível experimental, utilizando material genético modificado em laboratório de *Eucalyptus* pela empresa Fibria. Este é um importante marco na história da silvicultura clonal brasileira, o que reforça ainda mais o seu pioneirismo e liderança.

5.1. CASES DE SUCESSO

5.1.1. Aperam Bioenergia

A Aperam Bioenergia é subsidiária integral da Aperam South América e tem como objetivo principal, fornecer carvão vegetal para abastecer os altos fornos da Usina Siderúrgica da Aperam South América, em Timóteo. Além disso, fornece ao mercado madeira in natura, mudas e sementes.

A região de atuação da empresa é o Vale do Jequitinhonha, iniciada em 1974, em Itamarandiba, expandindo nos anos seguintes para os municípios de Capelinha, Turmalina, Veredinha, Minas Novas e Carbonita. A empresa ocupa hoje uma área aproximada de 126 mil hectares, sendo 76 mil hectares de área plantada, onde estas são manejadas na forma de silvicultura clonal intensiva.

O programa de melhoramento da Aperam Bioenergia foi desenhado para produzir madeira para usos múltiplos. Desta forma, o programa está direcionado para produzir madeira com aptidão para uso na siderurgia, na indústria de celulose, papel e madeira em geral, porém com maior ênfase na produção de carvão vegetal, seu principal produto. Em cada um desses segmentos a silvicultura clonal da Aperam Bioenergia Ltda. está concebida de forma a atender os processos

industriais que usam a madeira de eucalipto como insumo ou como matéria-prima. Na fabricação de gusa a partir de carvão vegetal sólido renovável, as principais interfaces são a floresta, o processo de carbonização e a fabricação de ferro-gusa.

O programa de melhoramento genético na Aperam Bioenergia obedece as seguintes estratégias:

- Produzir madeira melhorada com propriedades tecnológicas, que sejam adequadas para a produção de carvão de alta qualidade e que ao mesmo tempo sejam aptas à fabricação de celulose, correspondendo a 97% da área plantada.
- Produzir madeira adequada ao uso em indústrias madeireiras para plantar e manejar área correspondente a 1% da área plantada.
- Desenvolver plantios melhorados de *E. cloeziana*, correspondendo a 2% da área plantada.

A seguir são descritas algumas das diretrizes que orientam a silvicultura clonal na Aperam Bioenergia:

- Aumentar a produtividade das florestas em IMACarvão;
- Aumentar a estabilidade da produção florestal;
- Aumentar a resistência a fatores bióticos – pragas e doenças;
- Aumentar a resistência a fatores abióticos – seca;
- Aumentar a predisposição à propagação vegetativa;
- Aumentar o rendimento gravimétrico (ton madeira/ton carvão);
- Aumentar a densidade verdadeira da madeira;
- Aumentar o rendimento industrial;
- Aumentar o rendimento na secagem;

5.1.2. Vallourec (V & M Florestal)

A V & M FLORESTAL localizada nas regiões Centro-Norte e Noroeste do Estado de Minas Gerais, tendo um total de 22 fazendas distribuídas em 22

municípios, subdivididas em quatro Regionais, sendo: Curvelo, Bocaiuva, Serra do Cabral e João Pinheiro. O Escritório Central da Empresa localiza-se na cidade de Curvelo, região central de Minas, a 170 km de Belo Horizonte.

A empresa possui aproximadamente 233 mil ha de propriedades dos quais 113 mil ha são de florestas plantadas e manejadas na forma de silvicultura clonal, e aproximadamente 80 mil ha com áreas de vegetação nativa preservada. A sua capacidade de produção nominal é de 265 mil toneladas de carvão vegetal de eucalipto por ano.

O sistema produtivo é composto pelos seguintes processos: produção de mudas, preparo de área, plantio, manutenção florestal, colheita, carbonização e logística do abastecimento de carvão vegetal à V & M do BRASIL. Todas as atividades operacionais são executadas com tecnologia própria, desenvolvida em parceria com centros de pesquisa brasileiros e internacionais.

A V & M FLORESTAL possui um programa para o desenvolvimento de materiais genéticos que é direcionado, principalmente, para a produção de carvão vegetal siderúrgico, adaptados às condições de cerrado, resistência a pragas e doenças, tolerância a estresse hídrico e aumento de produtividade.

5.1.3. Fibria

A Fibria é a líder global do setor de celulose, com capacidade de produção anual de 5,25 milhões de toneladas de celulose, integralmente baseada em plantios florestais renováveis. A companhia opera com três unidades industriais e uma base florestal própria de 989.381 hectares, dos quais 354.697 são destinados à conservação ambiental.

A Fibria é uma empresa brasileira com forte atuação no mercado global, que trabalha para garantir que a crescente demanda por papel possa ser atendida de forma sustentável. Fundada em 2009, a partir da união das empresas Aracruz Celulose S.A. e Votorantim Celulose e Papel S.A. (VCP), a companhia é a maior

produtora mundial de celulose de fibra curta, operando em três Unidades Industriais: Três Lagoas, Aracruz e Vale do Paraíba.

Já na área de melhoramento genético e biotecnologia, destaca-se a introdução de 15 novos clones de eucalipto nos viveiros da empresa e dos primeiros clones híbridos com espécies subtropicais de interesse estratégico, selecionados para as condições climáticas do Espírito Santo e da Bahia, nos últimos anos. Esses clones trazem ganhos industriais e em produtividade florestal, representando um aumento de cerca de 3% em toneladas de celulose produzida por hectare ao ano.

O melhoramento genético florestal vale-se de cruzamentos e de experimentos de campo para desenvolver os melhores clones para as condições ambientais de cada Unidade da Fibria. São selecionadas árvores capazes de produzir maior quantidade de matéria-prima por unidade de área e de tempo, com adequada utilização de recursos naturais, da forma mais econômica e com a melhor qualidade possível. Além disso, a Fibria desenvolve pesquisas em biotecnologia, utilizando a técnica de marcadores moleculares para potencializar o melhoramento genético das plantas e antecipar a seleção de árvores superiores. Em 2012, também foram realizados experimentos de campo (plantios) com eucalipto geneticamente modificado em laboratório, seguindo as recomendações legais e de órgãos certificadores.

5.1.4. Klabin

Maior produtora, exportadora e recicladora de papéis do Brasil, a Klabin S.A. é líder na produção de papéis e cartões para embalagens, embalagens de papelão ondulado e sacos industriais, além de comercializar madeira em toras. Empresa de capital aberto, 100% brasileira, é controlada pela holding Klabin Irmãos e Cia. – que detém 59% do capital votante – e negocia ações na BM&FBovespa há 32 anos. Sua capacidade produtiva alcança 1,9 milhão de toneladas anuais de papéis destinadas à conversão de embalagens de papel ou exportação para mais de 70 países nos cinco continentes.

Por meio de estudos, busca garantir a manutenção e a melhoria da produtividade florestal, considerando a qualidade das plantações e das fibras para utilização na produção de celulose, através do desenvolvimento e adequação de novas tecnologias e do manejo florestal sustentável. Atua nas especialidades de: Melhoria Florestal, Clonagem e Biotecnologia, Nutrição e Silvicultura, Fitossanidade Florestal e Qualidade da Madeira.

Em biotecnologia, a ênfase atual é com relação ao projeto Programa da Qualidade da Madeira, que envolve trabalho conjunto das áreas florestal e industrial e visa à melhoria de clones de eucalipto e sua aplicação também para o pinus. O objetivo é selecionar e melhorar árvores mais produtivas, resistentes a pragas e doenças e ao estresse ambiental (como seca e geada), com madeira tecnologicamente adequada aos diferentes usos aos quais se destina. Por apresentarem maior crescimento e fibras selecionadas, os clones permitem produzir mais celulose, e de melhor qualidade, com menores perdas de produção, redução de custos e maior uniformidade no processo produtivo. Além das aplicações florestais, a Klabin avalia projetos de biotecnologia na área industrial, a exemplo do uso de enzimas para melhorar a eficiência da produção de papel e celulose.

5.1.5. Duratex

A Duratex S.A. é uma empresa brasileira, privada, de capital aberto, com ações negociadas na BM&FBOVESPA e controle compartilhado pelos Grupos Itaúsa – Investimento Itaú S.A. e Companhia Ligna de Investimentos, sendo o restante do capital distribuído no mercado. A capacidade total de fabricação de painéis é de 3,3 milhões de m³/ano (Base: fevereiro, 2012).

A Duratex Unidade de Negócios Florestal possui cerca de 230 mil hectares onde maneja plantações florestais de eucalipto e pinus e mantém as áreas de conservação com formações vegetais nativas. Essa área é integrada por fazendas próprias ou arrendada, localizadas em diferentes regiões do Estado de São Paulo, região do Triângulo Mineiro em Minas Gerais e no Rio Grande do Sul.

O planejamento e pesquisa florestal consistem na elaboração do Plano Estratégico e Operacional, de forma a garantir o fluxo de informações necessárias à execução plena das atividades florestais, com foco no abastecimento sustentável de madeira às unidades fabris. A pesquisa florestal garante inovações tecnológicas de processos e a transferência de tecnologia para as áreas operacionais. A pesquisa tem como objetivo gerar tecnologias que visam o aumento de produtividade, otimização de recursos e/ou redução de custos, conservação de recursos naturais e proteção das pessoas.

As práticas silviculturais e a colheita são conduzidas com a aplicação de tecnologias em permanente processo de atualização. A origem e manutenção das florestas se dão por meio das seguintes práticas: 1. Coleta de sementes ou ramos feita em árvores selecionadas; 2. Produção de mudas em viveiro; 3. Plantio de pelo sistema de cultivo mínimo; 4. Controle de plantas daninhas; 5. Controle de formigas; 6. Adubação. Todas essas fases são realizadas até a fase de colheita, onde se encerra o processo de silvicultura clonal.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão bibliográfica possibilitou a compreensão da origem da silvicultura clonal do gênero *Eucalyptus*, o que mostrou a grande importância e contribuição dos pesquisadores brasileiros no desenvolvimento e evolução desta prática em todo mundo. Possibilitou a compreensão da liderança brasileira, frente a outros países, visto questões de competitividade do setor florestal, com maiores produtividades, aliada a silvicultura clonal e as condições edafoclimáticas.

Possibilitou ainda verificar que no atual contexto, um programa de melhoramento genético, bem estruturado e com objetivos bem definidos, é fundamental para a manutenção da competitividade de uma organização florestal. De forma geral, os programas de melhoramento genético para as indústrias de base florestal tem contribuição direta com sua capacidade de gerar indivíduos superiores, que efetivamente promovam ganhos de produtividade na floresta, ganhos de produtividade industrial, bem como redução de custos de processo e melhorias na qualidade dos produtos.

Em linhas gerais, observou que as empresas já estão usufruindo da biotecnologia, de forma insipiente no momento, porém esta talvez seja a maior das perspectivas de desenvolvimento e aplicabilidade dentro da silvicultura clonal, com a possibilidade de ganhos em todos os âmbitos. Outro ponto de observância está relacionado ao desenvolvimento de materiais cada vez mais específicos, tanto para maior adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, otimização no uso de insumos agrícolas e água, além de materiais que possibilitem maiores ganhos industriais, conforme observado nos diferentes mercados (carvão vegetal, celulose, papel e madeira processada). Observa-se ainda que a adoção de clones cada vez mais específicos será mais implementada, principalmente em função dos avanços e da aplicação das técnicas de silvicultura de precisão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília, 2013. 148 p.

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2 ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2009, 500 p.

ASSIS, T. F.; MAFIA R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.) **Biotecnologia florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p.93-121.

BOLAND, D.; BROKER, M. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSON, R. D.; KLEINING, D. A.; MACDONALD, M. W.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. 5 ed. CSIRO Publishing, 2006, 736 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Boletim Técnico – Biotecnologia Agropecuária. Brasília, DF: 2010. p. 3.

CAMPINHOS, E.; SILVA, E. C. **Development of tree of future**. Sevilha: ESPRA, 1990.

CHAPERON, H. Vegetative propagation of **Eucalyptus**. In: SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ESPECIES FORESTALES, Buenos Aires, 1987. **Anais**. Buenos Aires, CIEF, 1987. v. 1, p.215-32.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARDWOOD, H.; WYK, G. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford, Clarendon Press, 1993, 288 p.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WEDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, p.19, 2004. (Embrapa Florestas. Documentos, 94).

FERREIRA, M. Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal. **IPEF**, Piracicaba, n.45, p.22-30, jan./dez.1992.

FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V.; ALFENAS, A. C.; GUIMARÃES, L. M. S.; ASSIS, T. F., GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa, MG: Ed. UFV, DFP. 2010, 200 p.

IKEMORI, Y.K **Genetic variation in characteristics of *Eucalyptus grandis* raised from micro-propagation and seed**. Oxford, 1990. 123p. (Tese-Doutoramento-OFI).

KAGEYAMA, P. Y. **Varição genética em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. Tese de Doutorado. ESALQ, Piracicaba, SP, 1980, 125 p.

KAGEYAMA, P. Y.; VENCOVSKY, R. **Varição genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. IPEF, Piracicaba, 1983, 24:9-26.

LIBBY, W. J.; AHUJA, M. R. The genetics of clones. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. **Clonal Forestry I: genetics and biotechnology**. Berlin: Springer-Verlag, 1993. p. 5-13.

LI MINGHE, GARY, A.; RITCHIE. Eight hundred years of clonal forestry in China: I. traditional afforestation with Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.). **New Forests**, v. 18, p. 131-142, 1999.

OHBA, K. Clonal forestry with Sugi (*Cryptomeria japonica*). In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. **Clonal Forestry I: genetics and biotechnology**. Berlin: Springer-Verlag, 1993. p. 66-90.

Plano de Manejo Florestal Aperam, v. 6. Disponível em: <<http://www.aperambioenergia.com.br/index.asp?Grupo=1&SubGrupo=66>> Acesso em: 27 agosto 2013.

Plano de Manejo Florestal Duratex, versão pública. Disponível em: <[http://www.duratex.com.br/pt/Download/Plano de Manejo Florestal Versao Publica 2012.pdf](http://www.duratex.com.br/pt/Download/Plano_de_Manejo_Florestal_Versao_Publica_2012.pdf)> Acesso em: 05 outubro 2013.

Plano de Manejo Florestal Klabin Unidade Florestal Paraná, resumo público 2013. <<http://www.klabin.com.br/pt-br/negocios-e-produtos/florestal/>> Acesso em: 05 outubro 2013.

POGGIANI, F. & SUITER, W. Importância da nebulização intermitente e efeito do tratamento hormonal na formação de raízes em estacas de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba 9:119-29, 1974.

Relatório de Sustentabilidade 2012 Fibria. <<http://www.fibria.com.br/rs2012/pt/template?go=apresentacao/producao-e-gestao-do-relatorio-de-sustentabilidade.html>> Acesso em: 06 outubro 2013.

Relatório de Sustentabilidade 2012 Klabin <<http://www.klabin.com.br/pt-br/paginas/relatorios-de-sustentabilidade>> Acesso em: 06 outubro 2013.

Relatório de Sustentabilidade 2012 V & M do Brasil <<http://www.vmtubes.com.br/vmbInternet/calandra.nsf/0/3C9D9475F7002134032575BC006FB195?OpenDocument&pub=T&proj=Internet>> Acesso em: 06 outubro 2013.

Resumo do Plano de Manejo Florestal Fibria, regiões dos estados do Espírito Santo, Bahia e Minas Gerais, 5ª edição. <<http://www.fibria.com.br/web/pt/negocios/floresta/manejo.htm>> Acesso em: 05 outubro 2013.

Resumo Público do Plano de Manejo Florestal 2012 V & M Florestal. <[http://www.vmtubes.com.br/vmbinternet/filesmng.nsf/46A866537F1F009E83257AA1006B5F8A/\\$File/Plano%20manejo%20florestal%20outubro%202012.pdf](http://www.vmtubes.com.br/vmbinternet/filesmng.nsf/46A866537F1F009E83257AA1006B5F8A/$File/Plano%20manejo%20florestal%20outubro%202012.pdf)> Acesso em: 05 outubro 2013.

XAVIER, A.; SILVA, R. L. Evolução da Silvicultura Clonal de *Eucalyptus* no Brasil, *Agronomia Costarricense*, p. 93-98. Out 2009.

XAVIER, A.; WEDLING I.; SILVA, R. L. **Silvicultura Clonal: Princípios e Técnicas**. 2.ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. 279 p.

WILCKEN, C. F.; LIMA, A. C. V.; DIAS, T. K. R.; MASSON, M. V.; FILHO, P. J. F; DAL POGETTO, M.H.F.A. **Guia Prático de Manejo de Plantações de Eucalipto**, Botucatu-SP, 2008, 25p.

ZSUFFA,L.; SENNERBY-FORSSE,L.; WEISGERBER,H.; HALL,R.B.Strategies for clonal forestry with Poplars, Aspens and Willows. In: AHUJA,M.R.; LIBBY, W.J. (Eds.). **Clonal forestry I: genetics and biotechnology**. Berlin: Springer-Verlag, 1993. P. 91-119.