

MOACIR MENDES LIMA

**REVISÃO DOS SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO
APLICADOS AO SETOR FLORESTAL**

VIÇOSA

MINAS GERAIS – BRASIL

2019

MOACIR MENDES LIMA

REVISÃO DOS SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO APLICADOS AO SETOR FLORESTAL

Monografia apresentada ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 554 – Trabalho de Conclusão de Curso e cumprimento do requisito parcial para obtenção do Certificado de Especialista em Automação e Controle de Processos Agrícolas e Industriais.

VIÇOSA

MINAS GERAIS – BRASIL

2019

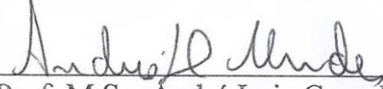
MOACIR MENDES LIMA

**REVISÃO DOS SISTEMAS DE AUTOMOÇÃO APLICADOS
AO SETOR FLORESTAL**

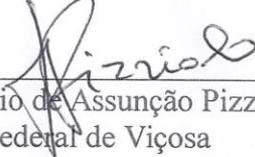
Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 554 - Trabalho de Conclusão de Curso e cumprimento do requisito parcial para obtenção do Certificado de Especialista em Automação e Controle de Processos Agrícolas e Industriais.

Aprovada em 13 de junho de 2019.

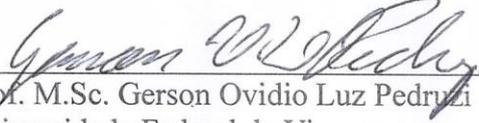
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. M.Sc. André Luis Carvalho Mendes - Orientador
Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. Tarcísio de Assunção Pizziolo - Membro
Universidade Federal de Viçosa



Prof. M.Sc. Gerson Ovidio Luz Pedruzi - Membro
Universidade Federal de Viçosa

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer:

A Deus, pai de toda a criação e fonte do bem, por me conceder o privilégio da existência.

Aos meus pais por todo apoio e incentivo dado para a conquista dessa qualificação.

Aos meus colegas de curso que apesar de poucos encontros sempre mantivemos contatos virtuais.

Aos meus companheiros da Associação de Pós-Graduandos (APG) da UFV pela acolhida e também pela confiança durante a minha gestão na Vice-Presidência da Associação.

Ao meu grande amigo Diogo Baiero, por acreditar no meu potencial me indicando à última gestão na APG.

Aos pós-graduandos por confiarem a mim a honra de representá-los frente ao Conselho Técnico de Pós-Graduação *lato sensu* (CTPLS) e no Conselho Técnico de Pesquisa (CTQ).

Agradeço também a UFV por me acolher desde os tempos do Colégio Universitário (Coluni) até hoje,

Ao Departamento de Engenharia Elétrica por esta oportunidade.

Aos professores pela paciência e dedicação durante a pós-graduação.

Ao meu orientador André Luiz Carvalho Mendes, pela amizade, orientação e paciência durante o curso de pós-graduação e no desenvolvimento desse trabalho.

A todos os meus amigos e colegas que contribuíram de alguma forma para o meu desenvolvimento pessoal e profissional o meu sincero e verdadeiro muito obrigado.

EXTRATO

Esse trabalho visou avaliar o nível de automação do setor florestal brasileiro em cada um dos seus ramos de atuação, tendo em vista a importância da relevância do setor para o desenvolvimento social e econômico brasileiro. Para tal foram feitos levantamentos em artigos, periódicos e matérias jornalísticas para identificar o nível de automação em cada ramo do setor florestal. Após os levantamentos foi possível concluir que o nível de automação de cada segmento do setor florestal está ligado diretamente ao capital de giro oriundo do mesmo, pois os proprietários das empresas, na medida do possível, utilizam os recursos financeiros que possuem para melhorarem a sua competitividade, e entre alternativas disponíveis para isso encontra-se a automação.

SUMÁRIO

1 Introdução -----	1
2 Objetivo -----	2
3 Revisão de Literatura -----	3
3.1 O Setor Florestal Brasileiro -----	3
3.1.1 Silvicultura -----	6
3.1.2 Colheita e Transporte Florestal -----	8
3.1.3 Lenha e Carvão Vegetal -----	9
3.1.4 Produtos de Madeira Reconstituída e Processada Mecanicamente	10
3.1.5 Celulose -----	11
3.2 Sistemas de Automação -----	14
3.2.1 Fuzzy -----	15
3.2.2 PID -----	15
3.2.3 ON-OFF-----	16
3.3 Histórico dos Sistemas de Controle Automotizados-----	17
4 Materiais e Métodos -----	19
4.1 Silvicultura -----	19
4.2 Colheita e Transporte -----	20
4.3 Lenha e Carvão Vegetal -----	24
4.4 Celulose e Papel -----	25
4.5 Indústria Madeireira	26
5 Resultados e Discussões -----	27
6 Conclusões -----	28
7 Referências Bibliográficas -----	29

1. INTRODUÇÃO

O Setor Florestal Brasileiro possui um grande potencial de crescimento econômico em virtude da grande variedade de produtos que oferece e também pelo fato do Brasil ser o quarto maior produtor de madeira no mundo (TORESAN, 2002).

O relatório mais recente da Indústria Brasileira de Árvores (IBA), 2017, mostrou que o setor florestal foi capaz de gerar 510 mil empregos formais, apesar de um recuo de 3,3 % em seu PIB e uma retração de 1,1 %, fato relevante para atual crise brasileira. É importante observar, que o relatório do IBA mostrou também que o setor florestal tem contribuído para melhorar os índices sociais brasileiros, impactando significativamente no desenvolvimento humano dos municípios onde existem sedes de empresas florestais.

Entretanto o setor florestal enfrenta dificuldades na implantação de florestas, sendo seu desenvolvimento de longo prazo, a obtenção de retorno financeiro é demorada, levando possíveis investidores a optar por diferentes alternativas (GRAÇA *et al*, 2000). Além disso, a madeira consiste em um produto de baixo valor agregado devendo sua extração ser feita perto do mercado consumidor, ou seja, do local que irá processá-la como fábricas, serrarias, pois o baixo valor agregado da madeira não é o suficiente para os transportes de longas distâncias (SILVA *et al*, 2007).

Outro fator apresentado pelo relatório do IBA mostrou que a produção de madeira tem encarecido no Brasil, o que torna desafiador a manutenção da competitividade do setor florestal brasileiro em nível internacional. Essa tendência pode ser observada na Figura 1:

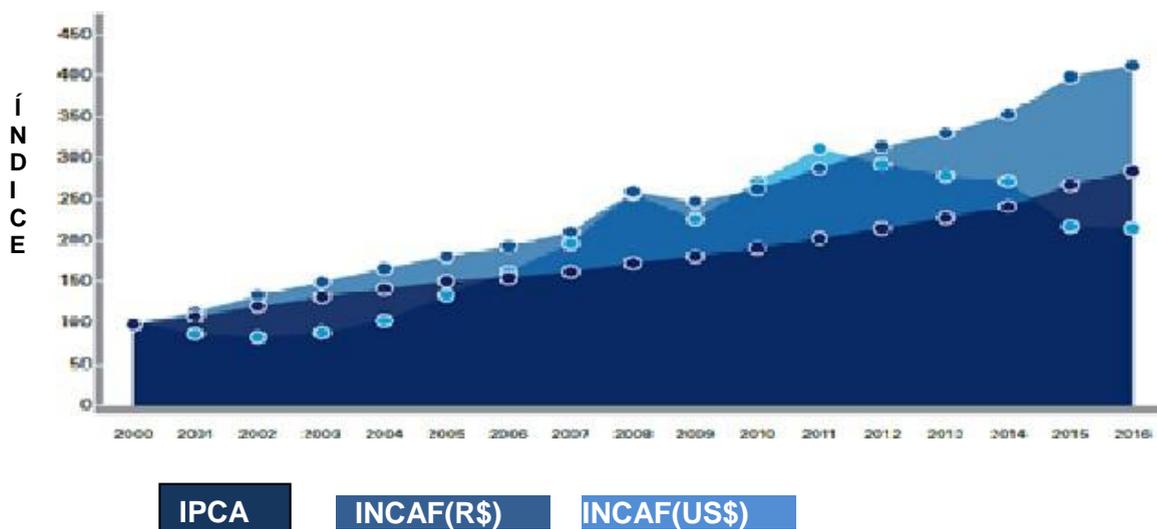


Figura 1: Aumento do Custo de Produção da Madeira Brasileira versus Inflação Brasileira. IPCA = Índice de Preços ao Consumidor Acumulados; INCAF (R\$) = Índice de Custo das Atividades Florestais (R\$); INCAF (US\$) = Índice de Custo das Atividades Florestais (US\$). Fonte: IBA e POLTRY (2016).

Diante do exposto, uma das medidas que podem ser adotadas consiste na busca de alternativas para aumentar os ganhos de rendimento nos processos inseridos na cadeia produtiva do setor madeireiro, o que implicaria em maior lucro, e

consequentemente resultará em maiores estímulos no setor florestal possibilitando maior desenvolvimento, diminuindo as dificuldades geradas pelo aumento contínuo do custo da produção da madeira.

Entre as alternativas disponíveis para promover maior ganho nos processos de produção dos produtos madeireiros e também no processamento de diversos setores encontra-se o emprego de novas tecnologias, com destaque os sistemas de automação e controle dos processos Gutierrez *et al* (2008).

Segundo Gutierrez *et al* (2008), o emprego da automação no setor florestal tem trazido grandes benefícios nos processos produtivos tais como: redução dos custos de instalação de redes, distribuição de tarefas de controle pela via de dispositivos de campo podendo isso ser supervisionado por um sistema central, troca de informações entre os dispositivos ligados a um processador central e acesso remoto aos componentes do sistema de controle e automação, bem como a realização de diagnóstico de falhas possibilitando a manutenção regular do sistema automatizado. Portanto, segundo o autor Gutierrez *et al* (2008), a automação empregada nestes processos vem acarretando grandes ganhos de produtividade.

Em virtude da importância do segmento florestal para o desenvolvimento econômico e social do Brasil e dos benefícios trazidos pela automação aos processos industriais, este trabalho buscou analisar o nível de automação de cada segmento do setor florestal brasileiro, além de identificar os principais tipos de sistemas de controle automatizados que são empregados nos mesmos.

Este mapeamento poderá ser utilizado para o desenvolvimento de políticas públicas para cada segmento do setor florestal brasileiro, além de possibilitar a atuação das empresas do segmento de controle e automação neste ramo.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi identificar o nível de automação dos processos florestais em cada um dos segmentos do setor florestal brasileiro. O mapeamento do nível de automação visa auxiliar na realização de um planejamento estratégico para o desenvolvimento tecnológico do setor florestal. Além disso, esse mapeamento poderá auxiliar as empresas desenvolvedoras dos sistemas de controle e automação, na identificação de possíveis nichos de mercado a serem explorados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O Setor Florestal Brasileiro

De acordo com Noce (2005), o setor florestal pode ser definido como um setor no qual consiste em um conjunto de atividades no qual se gera produtos com base em elementos florestais, oriundo de florestas, aos quais podem ser tanto de natureza plantada, como de nativas. Neste ponto cabe destacar que o segundo o IBA (2017) 91 % das madeiras utilizadas nos segmentos industriais do setor florestal brasileiro provêm de florestas. Ainda segundo a Indústria Brasileira de Árvores o Brasil possui 7,84 milhões de hectares compostos de florestas plantadas destinadas ao atendimento do setor industrial.

Conforme ABIMCI (2004), o setor florestal pode ter internamente uma subdivisão entre os produtos madeireiros e não madeireiros, sendo que, no primeiro grupo se encontra aqueles produtos fabricados diretamente da madeira como a lenha e o carvão, a celulose (papel), os painéis de madeira constituídos (aglomerado, MDF, OSB e chapas de fibras), bem como os produtos de madeira processada mecanicamente (compensados, madeira serrada, lâminas, PMMA).

No tangente ao segundo grupo existem produtos decorrentes de componentes secundários da floresta, mas não provêm diretamente da madeira como, por exemplo, o látex, do qual se fábrica a borracha, os frutos, os óleos essenciais, mel, bambu, tecidos, entre outros do gênero similar. Segundo a Indústria Brasileira de Árvores o Setor Florestal Brasileiro compõe 6,2 % do PIB industrial brasileiro, as exportações somadas do setor florestal brasileiro chegaram perto de nove milhões de dólares, correspondendo a 3,9% das exportações brasileiras e gerou a arrecadação 11,5 bilhões de reais em tributos equivalendo a 0,9% da receita nacional.

A estrutura da cadeia produtiva do setor florestal e seus diversos segmentos podem ser demonstrados na Figura 2.

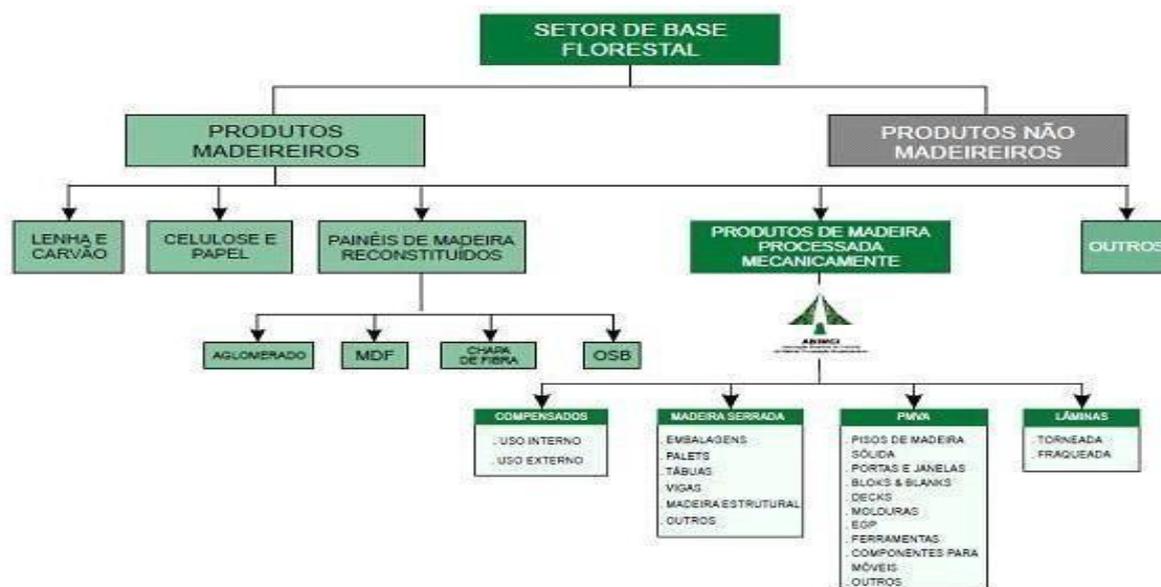


Figura 2: Setor Florestal Brasileiro. Fonte: ABIMC (2004).

Ainda no que diz respeito a sua caracterização econômica e mercadológica, cabe destacar que o setor florestal brasileiro teve de 2015 para 2016 um crescimento de 3,3 % conforme pode ser observado na Figura 3.

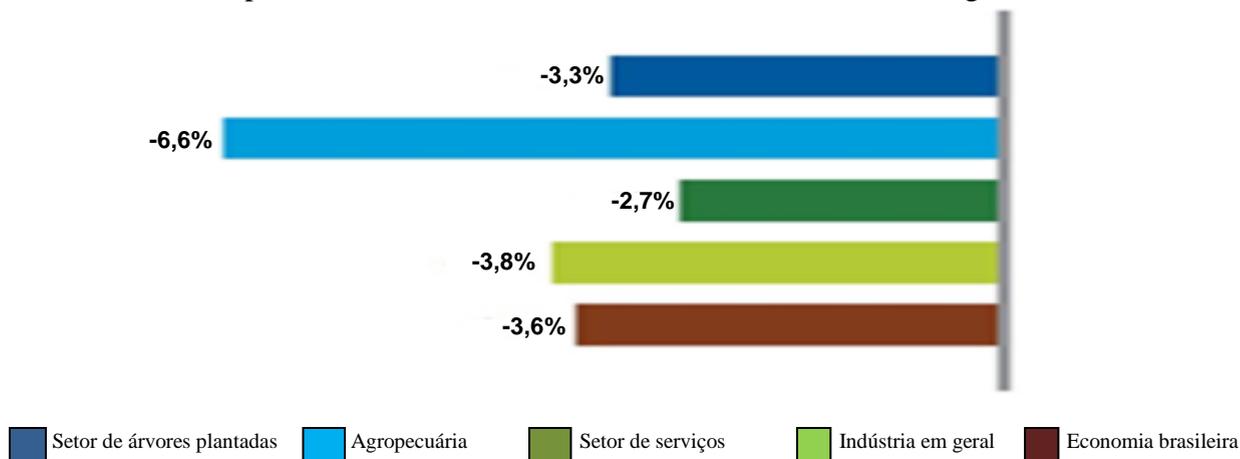


Figura 3: Variação do PIB do Setor de Árvores Plantadas e de Outros Setores da Economia Brasileira, 2016 em relação a 2015 em comparação aos outros setores da economia brasileira. Fonte: POYRY e IBGE (2016).

Como pode ser observado na Figura 4, dentro do montante arrecadado pelo poder público do setor florestal brasileiro, 41% dos tributos provêm do setor de papel, 26% derivam das atividades do segmento do setor de produtos sólidos e construídos, e 16% são originados da celulose (IBA, 2017).

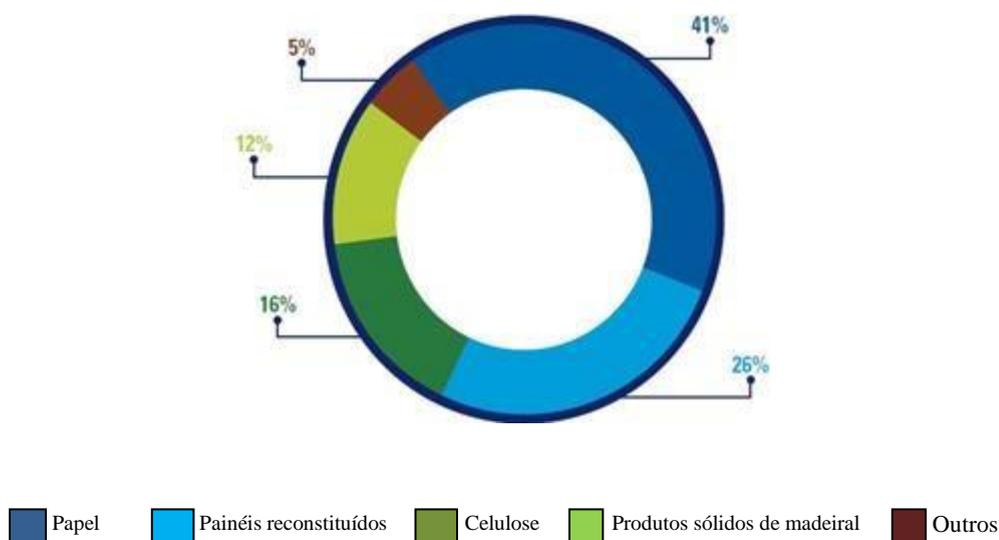


Figura 4: Arrecadação obtida pelo Poder Público com as atividades de cada segmento do Setor Florestal no ano de 2016. Fonte: POYRY (2016).

A Figura 5A mostra os valores obtidos com a exportação de segmentos como a celulose, papel e compensado em 2016, justificando a evolução da Balança Comercial obtida entre 2010 e 2016 (Figura 5B).

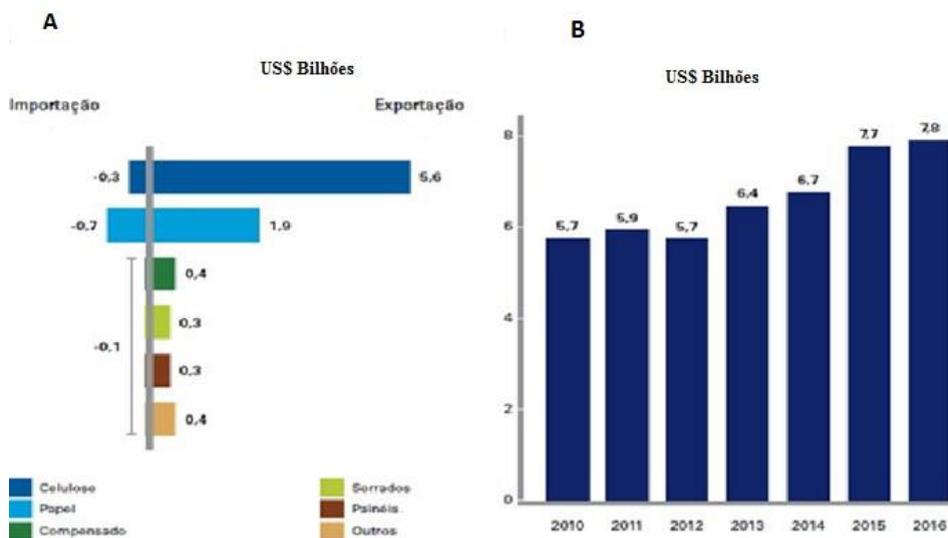


Figura 5 A e B: A - Balança Comercial dos segmentos do setor de Árvores Plantadas, 2016. B - Evolução da Balança Comercial do setor de Árvores Plantadas, 2010-2016. Fontes A e B: POYRY E SECEX (2016).

O destino dos produtos florestais brasileiros encaminhados à exportação está expresso na Figura 6.



Figura 6: Principais destinos dos Produtos do Setor Brasileiro de Árvores Plantadas, com base no Valor de Exportação. Fonte: POYRY e SECEX (2016).

Além dos segmentos do setor florestal Brasileiro esquematizado na Figura 6 também há o segmento de base, o qual fornece a matéria prima para as indústrias desses segmentos esquematizados graficamente, o setor extrativista. Tal setor consiste na produção e no conseqüente fornecimento de matéria prima para os segmentos industriais do setor florestal; trata-se do setor silvicultural, e o de colheita e transporte.

O primeiro visa à produção da matéria prima; a madeira, que será produzida em duas fases a produção de mudas em viveiro e o posterior plantio dessas mudas no

campo, já o segundo consiste na extração e posterior transporte dessa matéria prima á fábrica que irá processar essa madeira de forma gerar um futuro produto florestal.

A seguir será apresentando uma caracterização de cada um desses ramos da cadeia produtiva do setor florestal brasileiro tanto do segmento extrativista, onde se insere a silvicultura e a colheita florestal, bem como o segmento que irá processar a madeira recebida: lenha e carvão vegetal, indústria madeireira, celulose e papel.

3.1.1. Silvicultura

De acordo com Campos e Leite (2017), entende-se por Silvicultura a ciência que estuda os métodos naturais e artificiais de regeneração de povoamentos florestais para o atendimento de fins comerciais, adequando-se, portanto, ao mercado. Neste contexto Xavier *et al* (2013) destacou que tal segmento compreende tanto a fase de produção de mudas ocorridas em viveiro, bem como o plantio das mesmas no campo com o seu constante acompanhamento. Em ambos as fases tanto de viveiro como de campo, Xavier *et al* (2013) mostrou que é possível o controle da iluminação, irrigação, adubação, e processos. Os autores, Xavier *et al* (2013), alegam que os processos são passíveis de serem autonomizados.

Viveiro florestal pode ser entendido como um espaço físico à superfície de um terreno com características próprias destinadas a produção, manejo e proteção de mudas até as mesmas terem condições necessárias para irem ao campo, onde estarão diante ao local definitivo de seu plantio (GOMES e PAIVA, 2013).

A produção de mudas em viveiros pode ocorrer de forma tanto sexuada, também conhecida como seminal, ocasionada por sementes, como assexuadas, por meio de propagação vegetativa, também denominada como clonal. No tocante a isso cabe destacar que segundo XAVIER *et al* (2013), o plantio clonal tem se tornado a prática cada vez mais predominantes nos viveiros florestais, sobretudo aqueles ligados as grandes empresas.

Após receber os devidos tratos durante as fases do viveiro, as mudas seguem para o plantio onde irão compor as denominadas florestas plantadas, as quais irão abastecer de madeira (matéria prima da indústria).

O Brasil totaliza cerca de 7 hectares ocupadas por florestas plantadas. A maioria delas é de pinus e eucalipto, segundo o mais recente relatório IBA publicado em 2017 como pode ser observado na Figura 7.

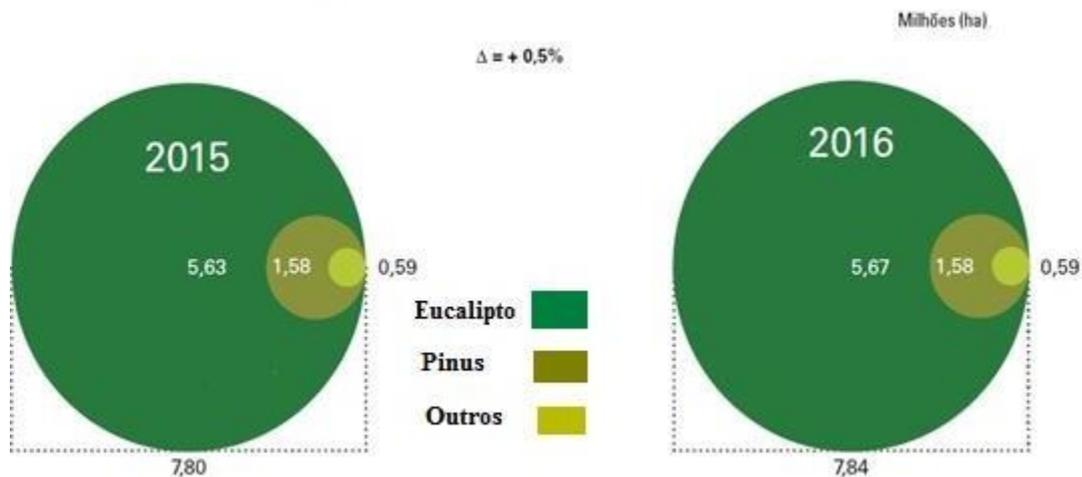


Figura 7: Áreas de Florestas Plantadas existentes no Brasil por hectare. Fonte: IBA e POYRY (2016).

Os 5,7 milhões de hectares destinados à produção florestal de eucalypto distribuem-se da seguinte forma: 24% situa-se no estado de Minas Gerais, no território paulista encontra-se 17% e no Mato Grosso 5%, conforme mostra a Figura 8.

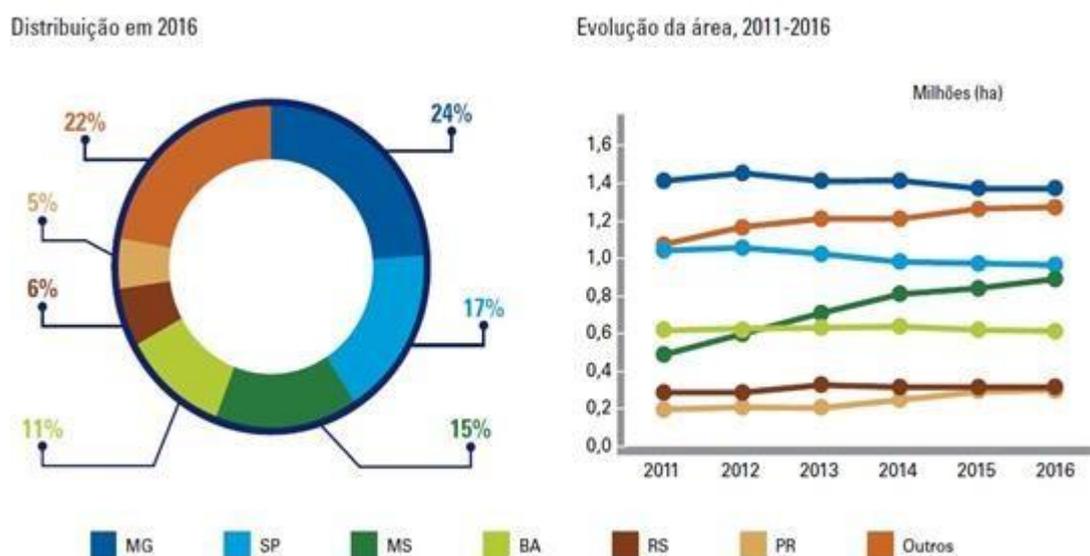


Figura 8: Distribuição e Evolução das Áreas com Plantios de Eucalypto, por Estado. Fonte: IBA e POYRY (2016).

O Pinus, por sua vez, dos 1,6 milhões de hectares tomados por seus plantios, 42% situa-se no Paraná e 34% sobre as terras catarinenses, conforme demonstrado na Figura 9.

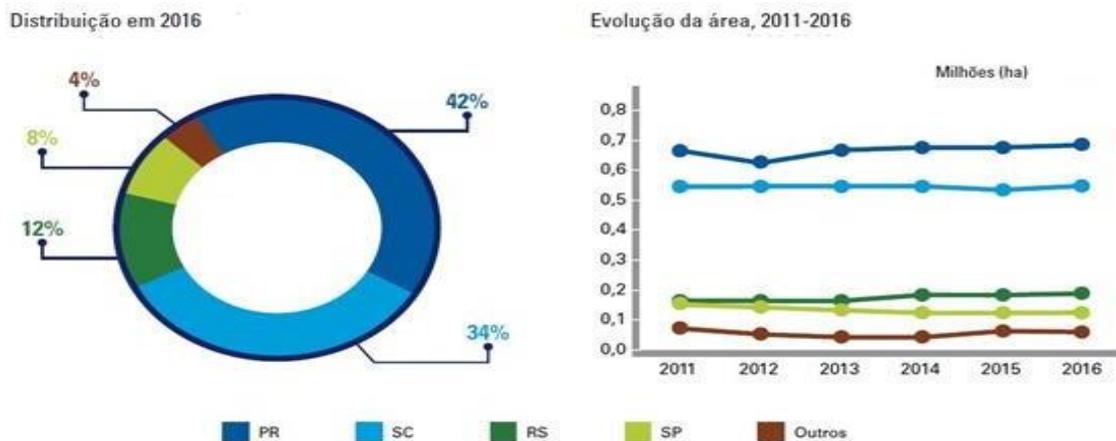


Figura 9: Distribuição das Áreas de Florestas plantadas de Pinus por Estado. Fonte: IBA e POYRY (2016).

O IBA também fez um levantamento sobre qual segmento industrial a floresta plantada se destina. Assim dos 7,84 milhões de hectares 34% são de empresas do setor de celulose, 29% de médios e pequenos proprietários que atuam independentes participando de programas de fomento, em seguida vem o segmento de siderurgia e carvão com 14% dos hectares brasileiros de terras ocupadas por floresta plantada conforme demonstrado a Figura 10.

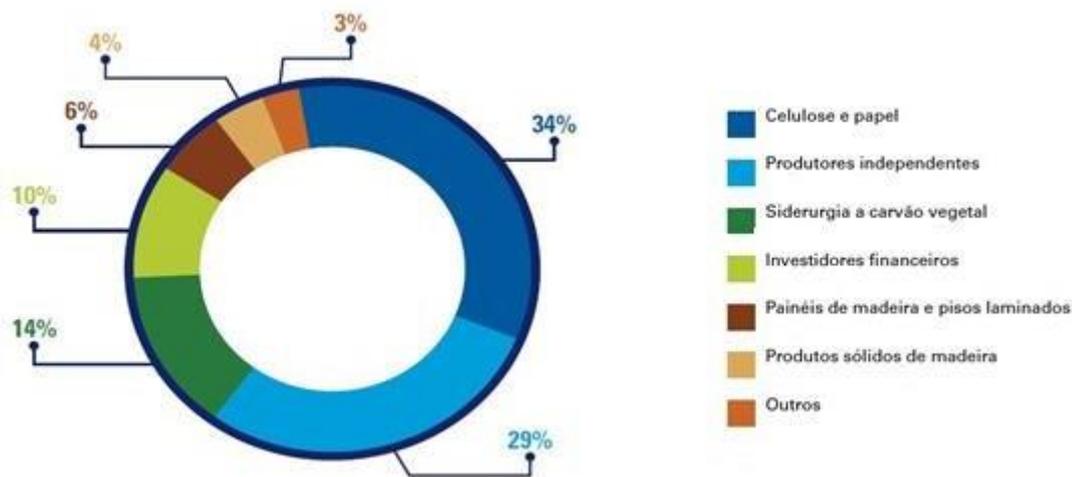


Figura 10: Composição da área de Árvores Plantadas por tipo de Proprietários. Fonte: IBA e POYRY (2016).

3.1.2. Colheita e Transporte Florestal

A colheita florestal consiste de um conjunto de operações e técnicas que visam levar a madeira de seu local de plantio até o local de transporte, podendo essas

operações ser divididas em fases como, corte, às vezes descascamento, extração (baldeio) e carregamento (MACHADO, 2014).

O corte, a primeira etapa do processo de colheita florestal, consiste nas etapas de derrubada, desgalanhamento, traçamento e empilhamento. O corte pode ser feito de forma manual, mecanizada ou semi-mecanizada. A escolha, de qual método será adotado, mecanizado ou semi-mecanizado, dependerá de uma série de fatores: recursos financeiros disponíveis, características do empreendimento, condições do solo, clima, relevo, disponibilidade de mão de obra, entre outros. Quanto à extração consiste no deslocamento da madeira obtida no corte até à fábrica onde será processada (MACHADO, 2014). A esquematização dos processos de colheita florestal encontra-se esquematizado na Figura 11.



Figura 11: Fluxograma das Fases da Colheita Florestal.

Segundo Machado e Lopes (2000), a operação de colheita florestal representa mais de 50% do custo do processamento de um produto florestal, sendo assim sempre que possível as empresas florestais tem buscado mecanizar suas operações.

3.1.3 Lenha e Carvão Vegetal

Historicamente a madeira tem servido como fonte de energia, em um primeiro momento para aquecimento humano e preparo de alimento e com o desenvolver da humanidade com o passar dos séculos, para processos industriais em fornos, caldeiras, entre outros (BRITO, 2007).

A produção de lenha passou de 94.279 mil toneladas em 2008 (ano em que a produção atingiu o maior volume nos últimos anos) para 79.290 mil toneladas em 2013, representando uma redução de 15,9% no período. Cerca de 1% da produção foi utilizada para geração de energia elétrica, 32,8% foi transformada em carvão vegetal e 65,8% destinou-se ao consumo final energético. Do que foi destinado ao consumo final, 47,6% foram consumidos pelas indústrias, 35,5% pelas residências, 16,3% pelo setor agropecuário e 0,6% pelo setor comercial. Ainda se destaca que os setores que mais utilizavam lenha e carvão para produção de energia foram os de cerâmicas, alimentos e ainda papel e celulose (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014).

Cabe destacar que segundo SIMIONI *et al* (2017), a maioria da lenha e carvão vegetal obtidos nesse período são oriundos em sua maioria de florestas nativas devido ao fato de esta obter menores custos do que a implantação de uma floresta plantada de

longo prazo. Ainda segundo o autor, a produção que ocorre atualmente de forma silvicultural tem sido insuficiente para o atendimento das demandas industriais.

Segundo o último relatório publicado pelas Indústrias Brasileiras de Árvores em 2016, o setor sofreu uma retração 2,2 % em relação ao ano anterior; o relatório publicado em 2015, a produção anual foi em torno de 4,5 milhões de toneladas de carvão vegetal produzida no Brasil. Segundo o IBA (2016), o motivo da retração se deve ao fato de que de o carvão vegetal foi em grande parte produzido a partir de floresta nativa, colocando seus produtores em constante pressão em relação a órgãos de controle ambientais o que acabou desestimulando as atividades.

Apesar da pressão constante sobre o uso de madeira proveniente de madeira de floresta nativa para a fabricação do Carvão Vegetal, vem acarretando maiores investimentos em implantações de florestas plantadas para abastecimento de Carvão Vegetal para as siderúrgicas, conforme é demonstrado graficamente nas Figuras 12 A e B.



Figura 12: Consumo Nacional de Carvão Vegetal. A – Consumo de Carvão. B – Evolução da Participação da Madeira Plantada na Produção de Carvão. Fonte: IBA, POYRY e IBGE (2016).

3.1.4 Produtos de Madeiras Reconstituídos e Processados Mecanicamente

Entre os segmentos existentes no ramo do setor florestal têm-se os produtos de madeira reconstituídos e os produtos da madeira processados mecanicamente. No primeiro rol estão aqueles produtos gerados de recomposição de partes da madeira tais como os aglomerados, o OSB (de flocos), os MDF (de fibras) e as chapas de fibra. Para sua composição partes das madeiras são colocadas sobre uma prensa juntamente com a inserção de adesivos aos quais são posteriormente prensados sob condições de temperatura e pressão de forma que essas partes de madeira acabam por se aderirem umas às outras vindas a formar os tais painéis de madeira.

Já no grupo dos processados estão os compensados, a madeira serrada e os laminados. A madeira não chega ser decomposta em partes, é processada mecanicamente em serrarias, para formar o LVL (*Laminated Vanner Lumber*),

laminados, madeira serrada, entre outros. Encontram-se também nesse setor as chamadas indústrias que fazem usos desses produtos da madeira processada mecanicamente, bem como os painéis de madeira reconstituídos para a fabricação de móveis.

Segundo o IBA (2017), em 2016 esse mercado tem enfrentado redução devida à queda da renda mensal das famílias ocasionada pela alta do desemprego, bem como pela crise que atingiu o setor de construção civil, setor esse, grande consumidor tanto de madeira processada como de madeira reconstituída. Ainda relata que a produção brasileira de painéis de madeira reconstituída registrou redução de 2,4% em relação ao anterior e encerrou o ano com 7,3 milhões de metros cúbicos de produzidos. As produções de MDF/HDF1 e de HB2 diminuíram 8,8% e 8,9%, respectivamente.

De acordo com o relatório já citado, IBA (2017) as vendas do setor moveleiro caíram 12,1%, em volume e provocaram o recuo de 2,2% na comercialização de painéis de madeira reconstituída no mercado doméstico. Para compensar a redução no mercado interno, o setor alocou a produção no mercado externo e as exportações atingiram 1,1 milhão de metros cúbicos, alta de 64,0% em relação a 2015, aumento esse gerada pela desvalorização do real o que facilita a exportação.

O mesmo comportamento é verificado para o laminado e para a madeira serrada. No tocante à produção de pisos laminados, produto associado à indústria de painéis, totalizou 11,8 milhões de metros quadrados em 2016, o que equivale a uma redução de 7,0% em relação à produção de 2015. Já em relação à madeira serrada por sua vez, acompanhando a tendência da construção civil que passou de 7,2 milhões de m³ em 2015 para 6,4 milhões de m³ em 2016. Consequentemente, a produção brasileira de serrados oriundos de árvores plantadas recuou 2,3% em relação ao ano anterior, e atingiu 8,6 milhões de m³ (IBA, 2017).

3.1.5 Celulose

A Celulose é um carboidrato insolúvel e resistente a várias reações químicas, constituído de um polímero de glicose formado por ligações β -1,4, sendo que o número de moléculas de glicose presentes em uma única molécula de celulose varia de 15 a 15.000, havendo, em média, 3.000 unidades (COLODETTE, 2015).

Para que a celulose seja extraída da madeira é necessário um processo de várias fases: a primeira fase consiste no recebimento das toras de madeira oriunda das florestas plantadas, elas são armazenadas em pátios para posteriormente serem descascadas e transformadas em cavacos (SENAI SP, 2013). Na segunda fase os cavacos são encaminhados para a polpação, um processo no qual se extrai a pasta, ou seja, a polpa celulósica, separando-a das fibras. Dentro da fase de polpação existem diversos tipos de processos. Esses processos podem ser classificados em mecânicos químicos e semiquímicos, sendo que os mecânicos também denominados processos de alto rendimento são aqueles que o fazem uso da energia mecânica com pouca ou nenhuma incidência de produtos químicos para a extração da polpa. Geralmente tais processos possuem um rendimento elevado; normalmente acima de 80%, dentro desse rol se insere os processos mecânicos convencionais, termomecânico e o quimotermomecânico (SENAI SP, 2013).

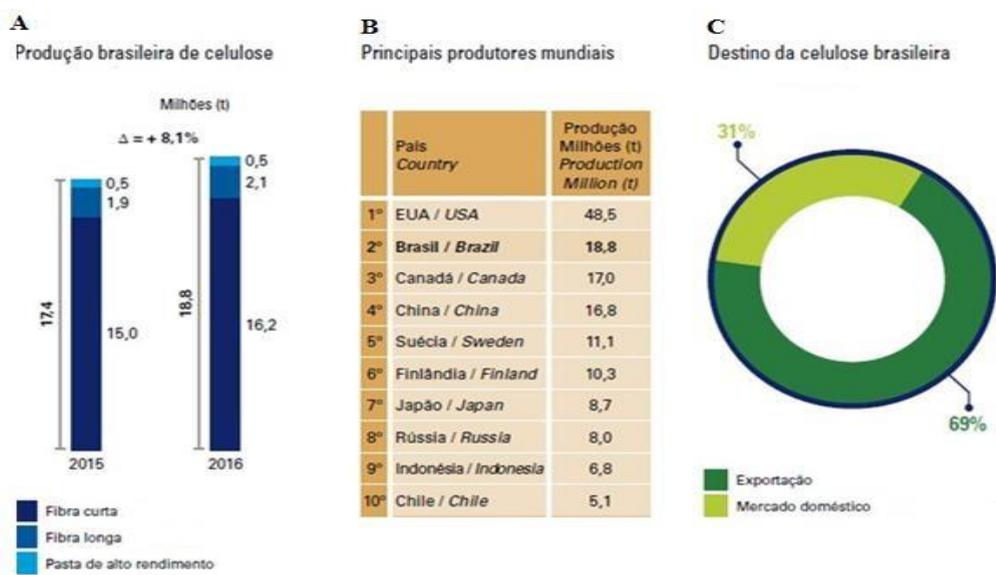
No processo mecânico convencional, as toras são cortadas em torrentes, indo posteriormente as desfibriladoras, obtendo a pasta mecânica que sendo separada obtém-se a celulose. No processo termomecânico os cavacos são tratados com vapor saturado (120 a 140°C), sendo em seguida desfibrilados em desfibriladores de disco, sendo

posteriormente o material armazenado na fork de suspensão fibrosa, a ser comercializados. Já os quimitermomecânicos por sua vez, consistem em tratar os cavacos aquecendo-os com produtos químicos para ser posteriormente desfibrilado (SENAI SP, 2013).

Uma vez realizada a polpação têm-se é obtido a polpa celulósica, o qual consiste no produto da indústria de celulose. Tal polpa é a matéria prima da indústria de papel, será utilizada na fabricação de papel por meio de um processo denominado de branqueamento (COLODETTE, 2015).

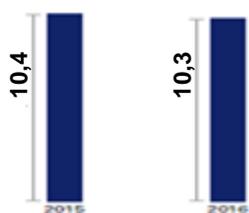
No tangente aos seus aspectos mercadológicos, no ano de 2016, o setor brasileiro alcançou a marca da produção de 18,8 bilhões de toneladas de forma a superar em 8,1% a produção obtida em 2015. Em contrapartida a produção de papel no mesmo ano atingiu os patamares de 10,3 milhões de toneladas, 0,2% do ano anterior. O principal motivo desse recuo deve-se à queda do consumo residencial no país, ocasionado em virtude da alta do desemprego nesse ano. No entanto ainda cabe fazer o registro de que a produção de papel tissue, de imprimir e escrever obteve alta de produção de 2,9 e 0,6% respectivamente, e que apesar da baixa o Brasil subiu uma posição, alcançando, portanto, a oitava colocação entre os produtores mundiais de papéis.

O principal motivo do descompasso da celulose para o papel se dá em virtude dos rendimentos obtidos da exportação da primeira. No ano de 2016, 12,9 milhões de toneladas de polpa celulósica foram exportadas do Brasil, para o exterior o que implicou em um aumento de 11,9% em relação a 2015, fazendo com o que o país ganhasse duas posições como o produtor mundial de celulose (IBA, 2017). Os dados descritos são demonstrados graficamente a seguir nas Figuras 13, 14 e 15.



Figuras 13 A, B e C: Principais Indicadores do Segmento de Celulose. A – Produção Brasileira de Celulose. B – Principais Produtores Nundiais. C - Destino da Celulose Brasileira. Fonte: IBA, SECEX, FAO e POYRY (2016).

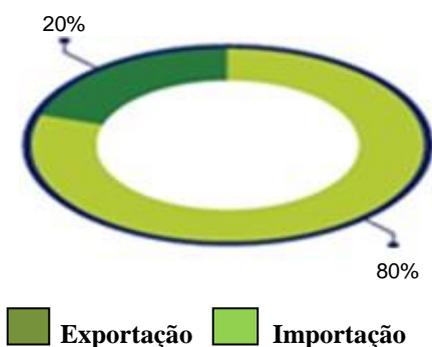
A - Produção Brasileira de Papéis



B – Principais produtores mundiais

	País	Produção (\$)
1º	China	111,2
2º	EUA	72,4
3º	Japão	26,2
4º	Alemanha	22,6
5º	Índia	15,0
6º	Coréia do Sul	11,6
7º	Canadá	10,6
8º	Brasil	10,3
9º	Finlândia	10,3
10º	Indonésia	10,2

C – Destinos dos papéis produzidos no Brasil



Figuras 14 A, B e C: Produção e Destino do Papel produzido no Brasil, 2016. A – Produção Brasileira de Papéis, B – Principais Produtores Mundiais. C – Destino dos Papeis produzidos no Brasil. Fonte: IBA, SECEX, FAO e POYRY (2016).

A alta das exportações de celulose vem em um crescente histórico conforme mostra o levantamento feito pela CONSUFOR (2018), conforme demonstrado na Figura 15.

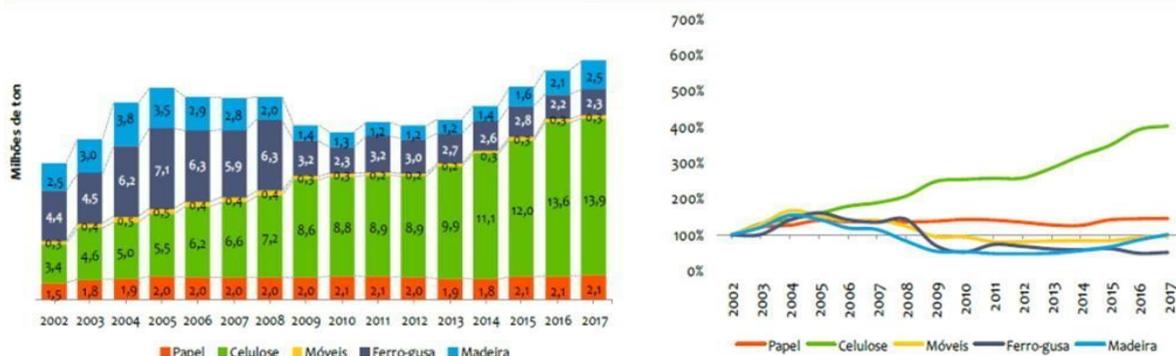
VOLUME EXPORTADO


Figura 15: Histórico de Exportações de Produtos Brasileiros. Fonte: CONSUFOR, 2018.

3.2 Sistemas de Automação

Entende-se por automação como um sistema de equipamentos eletrônicos e mecânicos que controlam o seu próprio funcionamento, sem a necessidade constante da presença e da intervenção humana para tal finalidade. Ainda de acordo com Dorf e Bishop (2009), sistemas de controle podem ser entendidos como a interconexão de componentes os quais em conjunto irão produzir uma resposta que seja esperada e desejada no referido sistema.

Esses sistemas em questão são os sistemas de controle automatizado, os quais podem possuir diversas ações das quais destacaremos para fins do presente trabalho as mais utilizadas: Fuzzy, PID e Sistemas ON-OFF (PINTO, 2005).

3.2.1 Fuzzy

As ações de automação com Fuzzy são baseadas na lógica Fuzzy. Tal lógica é baseada no raciocínio exato que corresponde a um caso limite de raciocínio aproximado, sendo interpretado como um processo de composição de relações nebulosas. Em virtude disso os sistemas Fuzzy acabam sendo utilizados em processos de maiores complexidades, uma vez que pré organizam diversas ações com muitas hipóteses. Os controladores Fuzzy, segundo Pinto (2005), buscam simular o máximo possível o raciocínio humano tendo comandos lógicos coordenados de forma que podem prever diversas hipóteses.

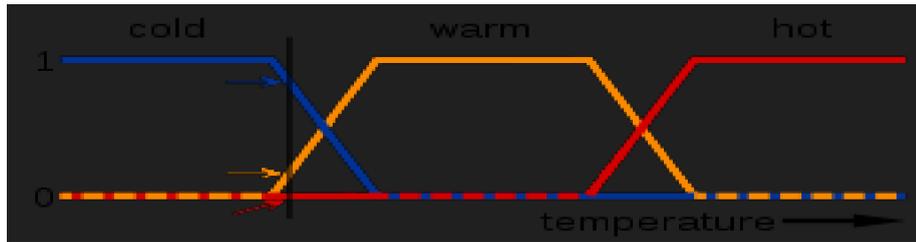


Figura 16: Representação Gráfica da Lógica Fuzzy.

3.2.2 P.I.D

O algoritmo de controle PID é um algoritmo robusto e simples, é amplamente utilizado na indústria. Tal algoritmo tem a flexibilidade suficiente para produzir excelentes resultados em uma ampla variedade de aplicações e tem sido uma das principais razões para o uso continuado ao longo dos anos (SENAI, 2008).

O controlador PID é composto de três elementos sendo eles: Proporcional, Integral e Derivativo. O controle proporcional é aquele em que a resposta do sistema é proporcional a resposta enviada pelo sistema de controle, se dá como o próprio nome diz, proporcional a entrada. Também observa-se que o controle proporcional opera um amplificador, sendo que o sinal de entrada é amplificado em um número X de vezes.

Uma vez que tal amplificação tenha atingido o limite o sistema irá saturar e então a amplificação é cessada. Nesse ponto o atuador está com 100% de capacidade, ou seja, quando atinge o seu limite superior e, 0 % de sua capacidade quando atinge o seu limite inferior. Sendo o intervalo entre os sistemas denominado de banda proporcional o que determina o percentual de ganho do sistema.

Outro elemento que compõe o algoritmo PID é o Programador de Integração, o PI, o qual permite que o erro do regime anterior seja zerado, assim sendo, à medida que vai se aproximando do objetivo o erro vai tendendo a alcançar o valor zero, atuando esse componente como uma espécie de filtro dentro do PID.

Por fim, o terceiro e último componente do Sistema PID, o Programador Derivativo, o PD, constitui uma espécie de filtro em bloco no qual a saída é proporcional ao erro. Neste ponto o autor destaca que o erro é reduzido, no entanto apenas em momento de rápida variação.

Um diagrama do Sistema PID pode ser observado na Figura 17.

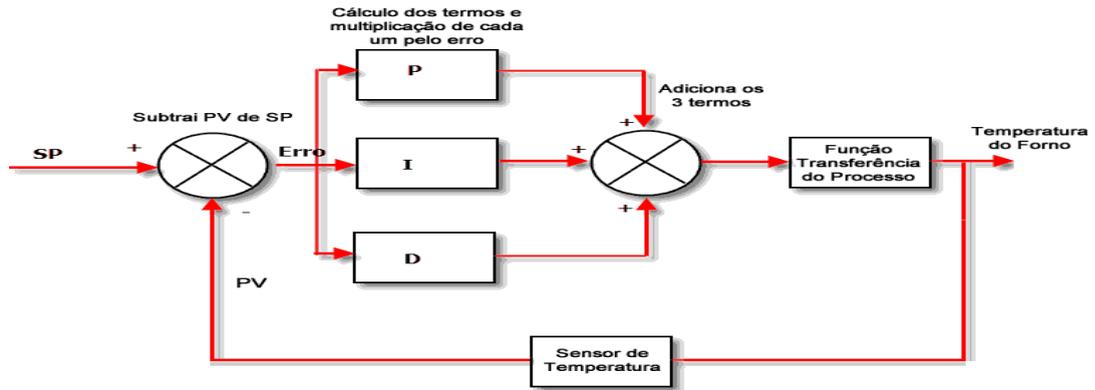


Figura 17. Diagrama de Blocos de um Controlador Proporcional + Integral + Derivativo (PID).

3.2.3 ON-OFF

A Ação de Controle ON-OFF consiste em um circuito no qual é comparado o sinal de entrada com os denominados sinais de regência que por sua vez seriam os limites superiores e inferiores. A diferença entre esses limites é denominada histerese, que normalmente acaba situando-se entre os limites de forma nunca alcançar um deles. Desta forma a Ação de Controle oscila constantemente entre os limites sem nunca atingir ou fixar em um valor específico, o que caso por algum erro tal fato venha a ocorrer o sistema é desligado (PINTO, 2005).

Entre as vantagens da Ação de Controle ON-OFF, segundo Pinto (2005), se trata de um sistema cujo o custo tanto de aquisição, como o de implantação e manutenção são consideravelmente baratos. Além disso, somar-se-ia o fato do atuador e o controlador somente serem ativados e desativados no momento em que os limites forem atingidos, isso acarreta em menor desgaste para o atuador. A Ação de Controle ON-OFF está representado na Figura 18.

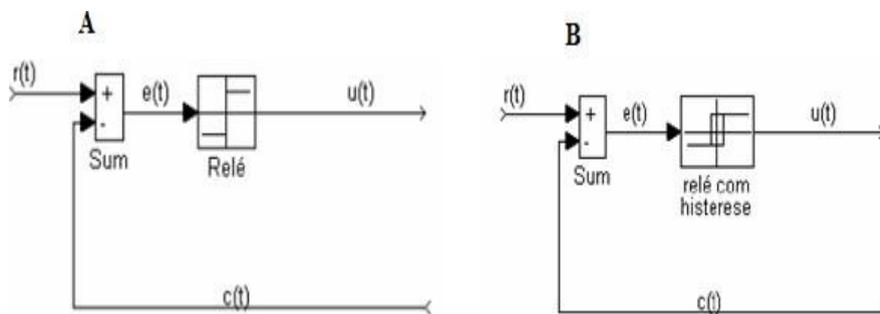


Figura 18 A e B: Representação da Ação de Controle ON-OFF. A - Diagrama de blocos de um controlador ON-OFF (liga-desliga). B - Diagrama de blocos de um Controlador “ON-OFF” com histerese diferencial.

3.3 Histórico dos Sistemas de Controle Automatizados

Segundo Dorf e Bishop (2009), as primeiras aparições das concepções daquilo que viria futuramente ser conhecido como os sistemas de controle automatizados, tem seus primeiros registros histórico em 300 a.C, com o relógio de água de Ktesíбуos, o qual funcionava por meio de um mecanismo regulador de boia. Posteriormente os autores relatam a criação de Philon, que consiste em uma lâmpada que funcionava a base e de óleo e que fazia uso de um sistema de regulação junto a um regulador de boia para manter o seu nível de óleo constante, tal registro histórico data de 250 a.C.

Ainda de acordo com os autores citados a cima, indo adiante na idade moderna pode se ver o pioneiro sistema de retroalimentação que foi utilizado na Europa, trata-se do regulador de temperatura do holandês Cornelis Drebbel e do regulador de pressão de Denis Papin.

Seguindo mais adiante na linha temporal Dorf e Bishop (2009), chegam à era industrial onde enfatizaram que ocorreu o primeiro controlador automático dotado de um sistema de retroalimentação, utilizado em processos industriais, trata-se do regulador de esferas desenvolvido por James Watt, no ano de 1769, visando obter controle da velocidade do motor a vapor. O referido regulador fazia a medição da velocidade decorrente do ar no eixo de saída e em função desta, buscava controlar esse fluxo por meio do movimento das esferas daí o nome: regulador de esferas, tais esferas dependendo da situação abriam ou fechavam o eixo a dependendo também das circunstâncias, acelerando ou desacelerando o motor. É importante destacar também que uma vertente do estudo da história da automação considera tal criação o início; o marco inicial da automação industrial.

Os autores destacam também a reivindicação russa de obter o reconhecimento de ter produzido o primeiro sistema com realimentação da história, o regulador de boia desenvolvido por Polzunov em 1765, que visava regular a entrada de água na caldeira. Tal sistema consistia de uma boia com capacidade de medir o nível da água e com base nisso, controlaria as válvulas de entradas e saídas das caldeiras.

Seguindo adiante no fluxo histórico, os autores chegam a sua narrativa ao J. C. Maxwell que, no ano de 1868, formulou um modelo matemático para a o controle de regulação de motores a vapor. Nesse modelo vários parâmetros relacionados aos processos foram considerados e quantificados por Maxwell, assim suas aplicações aos sistemas de controle passaram a atingir um nível mais analítico.

Chegando ao século XX, Silveira e Lima (2003) destacaram a máquina mecanizada de Henry Ford para construção, em linha de montagem de automóveis, os reles. Tal equipamento em conjunto com os conceitos difundidos por Henry Ford na época, como ponto de estocagem, linha de montagem, estoques intermediários, entre outros, levaram a General Motors produzir veículos em larga escala. No entanto, convém notar que os próprios autores enfatizaram o fato de que os reles possuíam a desvantagem de ser um aparelho de funcionamento muito complexo demandando a instalação de painéis e cabines de controle, o que demandava muita interconectividade, esforço humano e energia para sua operacionalização. Porém, apresentava com certa frequência problemas com o cabeamento, desgaste e eventualmente produção de faíscas, o que acabava por comprometer a sua qualidade de vida.

Em virtude dos problemas apresentados pelo reles, apesar de sua importância para o desenvolvimento industrial, no decorrer da história do processo de controle e automação o mesmo precisou vir a ser substituído. Em virtude disso, em 1968, eles foram substituídos pelos CLP e ou PLC (controladores lógicos programáveis) sendo o Midicon o primeiro CLP a ser criado no referido ano pela empresa Bedford Association.

Segundo Silveira e Lima (2003), o CLP foi descrito como miniaturas de computadores industriais que contém um hardware e um software que são utilizados para realizar as funções de controles. Além disso, os mesmos autores destacam que os CLPs se enquadram na antiga denominada Arquitetura de Von Nauman, na qual uma unidade central: a CPU recebe a entrada de dados, para posterior processamento em unidades de memória o qual é feito em conformidade com o programa armazenado (o CLP) e devolve para a unidade de saída.

Ainda no tangente ao CLP, Zancan (2011) afirma que apesar dos controladores lógicos programáveis serem sem dúvida um grande avanço para o desenvolvimento da automação industrial o mesmo não trabalha sozinho, necessitando estar conectado a outros componentes do sistema para que tanto receba dado quanto envie sinais como atuadores, sensores, processadores, sistemas supervisórios entre outros.

Em virtude dos fatos anteriormente mencionados é evidente que o CLP possui diversas aplicações entre elas destacam-se: máquinas industriais, equipamentos para processos, equipamentos para controle de energia, controle de processos com realização de inervação e controle PID, obtenção de dados para posterior supervisão e operacionalização de bancadas de teste automático de componentes industriais (CRUZ, 2003).

Deve ser considerado também, os benefícios trazidos pelo CLP no desenvolvimento do processo histórico tanto dos sistemas de controles como da automação industrial. Neste rol destacam-se os seguintes benefícios: baixo custo de manutenção, tanto corretiva como preventiva, maior vida útil do CLP, melhor qualidade do produto final, uma vez que há um tempo médio menor entre o produto e a fábrica, maior facilidade de localização de falha, menor tempo necessário para processamento entre outros (PAREDE *et al*, 2011).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para obter o nível de automação dos segmentos do setor florestal, foi feita uma pesquisa na Literatura Científica buscando em artigos e livros publicados, indícios que pudessem mostrar o quanto os ramos, em estudo, estão automatizados. Dessa forma foi considerado tanto os estudos publicados referentes aos aspectos mercadológicos, bem como os que analisam a aplicação de sistemas de controle relacionados aos processos produtivos de cada ramo do setor florestal.

4.1 Silvicultura

Conforme demonstrado na Revisão de Literatura do presente trabalho, a maioria da madeira no Brasil que abastece os segmentos subsequentes do setor florestal é oriunda de florestas plantadas, sendo que a maior parte das florestas plantadas no Brasil situa-se em fazendas cujas propriedades pertencem às grandes empresas. O mesmo se aplica aos viveiros que abastecem as florestas plantadas, sendo assim, em virtude do alto poder aquisitivo dessas empresas o segmento silvicultural brasileiro possui considerável nível de automação.

Faria (2013), realizou no município de Botucatu um experimento que avaliou a severidade e o controle da bacteriose foliar em mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em função do nível tecnológico do viveiro. O autor comparou os resultados de um viveiro automatizado com viveiros não automatizados, verificou que os viveiros de níveis tecnológicos maiores um índice de sobrevivência de 84,5% ao passo que um viveiro de médio ou baixo nível de automatização possui um índice de sobrevivência de 60% das mudas. Cabe neste ponto destacar que o respectivo autor não deixou claro quais são os tipos de sistemas de automação aplicados nos viveiros, no entanto os resultados encontrados são suficientes para comprovar a eficiência dos sistemas automatizados.

Tratando-se da automatização de Viveiros Florestais, deve ser observado o trabalho de Fontes e Cagnon (2002), no qual os autores buscaram desenvolver um sistema de controle e um sistema supervisorio em um viveiro. De acordo com os autores, os sistemas de controle e automação que são utilizados em viveiros, em sua maioria executam uma rotina fixa acionando válvulas e bombas através de temporizadores programáveis de baixo custo a fim de proporcionar o fornecimento de água e os nutrientes necessários às sementes. Ainda, isso foi feito sem a preocupação com a otimização de recursos, o que acabou levando a um alto índice de desperdício e a consideráveis aumentos de custos.

Diante desses cenários os autores Fontes e Cagnon (2002), propuseram a aplicação de um sistema de supervisão corrigindo esses problemas levantados. Os autores alegaram que conseguiram bons resultados com o uso do software Elipse SCADA, apesar de não publicarem os dados numéricos obtidos.

Sabe-se ainda que a Fibra inaugurou o primeiro viveiro destinado à produção de mudas de eucalipto totalmente automatizado em Três Lagoas no Mato Grosso do Sul. De acordo com os gerentes da empresa em questão, os trabalhos manuais que foram substituídos não implicaram na demissão dos trabalhadores, mas sim em sua realocação para outros setores internos da empresa. Os mesmos ainda afirmaram que os trabalhos manuais eram muito extensivos e estava cada vez maior, ao passo que a oferta de mão

de obra no campo estava cada vez menor. A expectativa da empresa era que com a implantação do viveiro automatizado fosse possível alcançar a produção 43 milhões de mudas por ano e o investimento do projeto foi por volta de 8,7 milhões.

Ainda nesta seara silvicultural foi possível encontrar casos onde houve a aplicação da metodologia da lógica Fuzzy para a detecção de unidades de manejo baseado em logica Fuzzy, como foi o caso do estudo de Brito (2007). Esse estudo parte da ideia oriunda da agricultura de precisão, a qual se deve dar para cada área, cada unidade de manejo, um tratamento diferenciado. No entanto, o pesquisador observou que os levantamentos do solo acabaram identificando um rol quantitativo de identidades pedológicas o que dificultou o mapeamento e a operacionalização. A aplicação da lógica Fuzzy foi utilizada para definir as unidades de manejo apropriadas. Para proceder tal experimento os autores delimitaram a área do Município de Araraquara São Paulo, onde levantaram dados para o posterior lançamento no modelo da lógica Fuzzy. De acordo com os dados levantados os autores discriminaram o balanço hídrico medido pelo índice de chuva, a temperatura, o bioma local, e as características do solo bem como o tipo do mesmo. De posse dos dados, os autores lançaram no modelo de lógica Fuzzy elaborando assim 6 unidades de manejo, conforme as condições climáticas. Em suas conclusões Brito (2007) afirmaram que a aplicação do modelo de logica Fuzzy para a detecção de sistemas de manejo se mostrou eficiente.

Portanto, é notável que o setor silvicultural brasileiro possua grande nível de automação, porque boa parte das florestas plantadas no Brasil está sob a gestão de grandes empresas que visam obter a madeira para o abastecimento de etapas posteriores do processamento.

4.2 Colheita e Transporte

A colheita florestal no Brasil apresenta um nível considerável de mecanização, isso porque as empresas que realizam a prática de colheita florestal são grandes empresas, detentoras de grande recurso financeiro. Sendo assim, para ganhos operacionais tais empresas investem constantemente na mecanização desse processo. Em geral, os maiores obstáculos que tem no tocante à mecanização consiste nas condições de relevo, o que muitas vezes dificultam o uso de máquinas. (MACHADO, 2014).

Segundo Machado e Lopes (2000), a operação de colheita florestal representa cerca de 50% do custo da madeira inserida nas indústrias. Sendo assim, sempre que possível, as empresas florestais tem buscado mecanizar suas operações. Em consoante com isso Ferner (2018) afirma que a maioria das operações de colheita florestal no país é mecanizada.

Parise (2005) destaca também os benefícios trazidos pela mecanização da colheita florestal como: a redução da mão-de-obra necessária para a execução das fases da colheita, maior produtividade e melhor qualidade, entretanto o autor ressalta que para obter tal ganho foi necessário investimentos no maquinário mecanizado.

Em virtude das diversas variáveis que incidem sobre esse processo de colheita florestal não há um custo padrão definido na literatura acadêmica, isso porque cada floresta plantada se encontra em situação particular em relação a tais variáveis. Entre as variáveis podem-se citar os fatores edafo climáticos, a espécie florestal que está sendo colhida, o tipo de maquinário usado, entre outros. Entretanto, no trabalho de Sousa e Pires (2007), os autores levantaram o custo mensal de uma empresa florestal na região Sul do Brasil. Os autores relatam que o custo mensal foi de R\$ 129.588,00, porém não

informaram nem a área e nem o nome da empresa. E o estudo de Bendlin *et al* (2014), levantou que o custo da colheita de uma empresa florestal de Santa Catarina, para a emissão de 700 toneladas de toras por hectare, foi de R\$ 36.582,58. Como se constata não há uma estimativa na literatura de um custo padrão por metro de madeira fornecida pela colheita, dadas a grande gama de variáveis que influenciam no processo, como foi citado.

Quanto ao maquinário utilizado pelas empresas florestais para operar as etapas de colheita da floresta, cabe destacar os principais: o primeiro deles é o Harvester (Figura 19), o qual pode executar simultaneamente as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento, descascamento, e empilhamento das toras (MACHADO, 2014). O preço médio de um Harvester comum no mercado brasileiro gira em torno de R\$ 400. 000 (MF Rural). Além disso, é importante destacar que em seu cabeçote há a presença de um sensor que mede tanto o diâmetro como o comprimento das toras, para que o mesmo faça o ajuste da abertura da grua que irá processar a tora (BROWN e DINIZ, 2017).



Figura 19: Harvester.

O segundo é o *Feller buncher* (Figura 20), também denominado de trator florestal, consiste de um trator de pneus que executa o corte e o posterior empilhamento das árvores. Destaca-se o *Slingshot* que possui a capacidade de cortar várias árvores de uma vez e para a realização do arrasto da madeira o *Forwader* e o *Skkider* (MACHADO, 2014). O preço médio de um *feller buncher* comum no mercado consiste no valor de R\$ 70. 000 (MF Rural).



Figura 20: Feller Buncher.

Ainda segundo Machado (2014), entre as novidades tecnológicas dessas máquinas produzidas destaca-se a *Walk Machine* (Figura 21) e a *Shovel Logger*. A *Walk Machine* trata-se de uma máquina produzida pela John Deere, na qual seus movimentos são controlados por um computador de bordo que por sua vez é operado pela via de um *joystick* manejado por um usuário operador, suas patas articuladas permitem o acesso a terrenos muitas vezes inaptos a outros maquinários anteriormente citados (MACHADO, 2014).



Figura 21: Walk Machine.

Já o *Shovel Logger* (Figura 22) por sua vez é um maquinário desenvolvido especificamente para a execução de operações florestais, mais especificamente na execução do arrasto, ou seja, remover a madeira do local onde ocorreu o corte até o pátio intermediário, ou beira da estrada. Essa máquina é composta de um braço de longo alcance o qual pode ser acionado hidráulicamente, uma garra hidráulica. Também deve ser destacado o fato da *Shovel Logger* possuir uma grande potência na força de giro que viria de 260 a 330 HP (MACHADO, 2014).



Figura 22: Shovel Logger.

Praticamente todas as empresas florestais, de acordo com Machado (2014), que atuam promovendo a extração de madeira por meio de plantios florestais possuem algum nível de mecanização sendo que este pode variar de empresa para a empresa.

No tocante a automação dos sistemas de colheita florestal observa-se o trabalho feito pela Duratex, que realiza sua própria colheita florestal para o abastecimento de sua fábrica. A Duratex faz uso de um sistema computadorizado que interliga os computadores de bordo presentes nas máquinas a um computador em uma unidade de monitoramento. Na qual é possível visualizar por GPS a posição das máquinas de campo, bem como indicar as áreas com e sem o plantio florestal (FERRAZ, 2018), conforme é destacado na Figura 23.

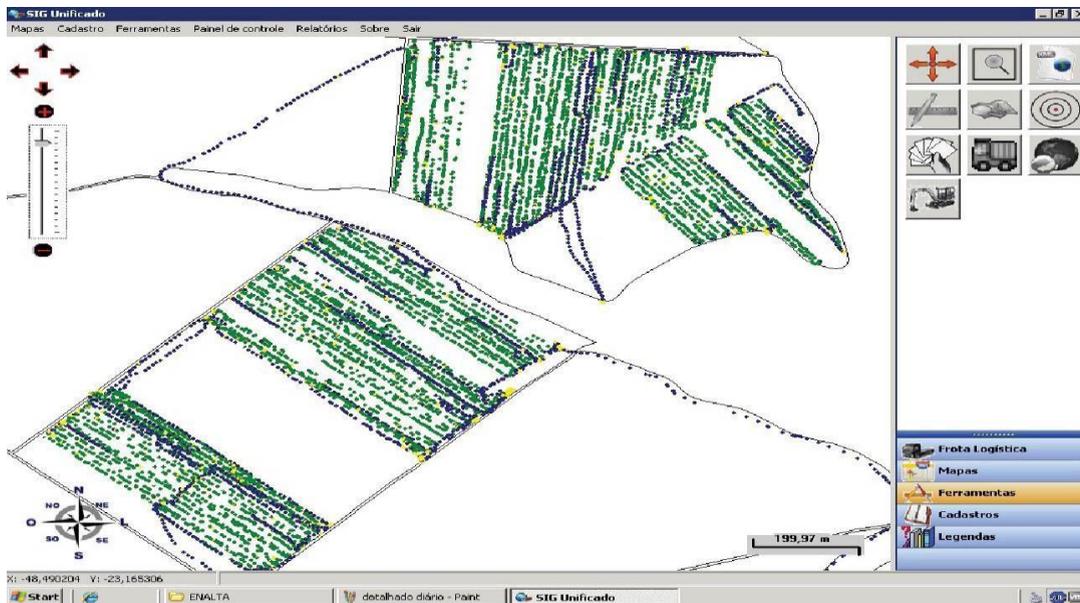


Figura 23: Visualização do Monitoramento das Áreas livres e da Presença.

Além disso, é importante destacar que os computadores de bordo presentes nas máquinas que atuando no campo são ligados a sensores que medem uma série de variáveis como: profundidade do terreno, nível de preparo do solo, quantificação de tempos operacionais (tempo de trabalho, manobras, paradas, etc.), tais dados são repassados ao computador da unidade de monitoramento que auxiliam o operador a

tomar as melhores decisões técnicas possíveis de acordo com a ocasião. No mais cabe destacar também que nesse sistema existe a presença de sensores e atuadores que trabalham em conjunto nos computadores de bordo das máquinas em campo para manter estável a quantidade de insumos consumida por essas máquinas, em outras palavras, dentro de uma faixa aceitável (FERRAZ, 2018).

4.3 Lenha e Carvão Vegetal

Nesse segmento é importante destacar o fato de que o Brasil possui cerca de 120 empresas atuando na fabricação desse carvão vegetal e sua maioria situa-se no Estado de Minas Gerais logo nota-se, portanto que não se trata de um mercado relativamente pequeno. Essa distribuição espacial da indústria de carvão vegetal no plano nacional pode ser visualizada na Figura 24.

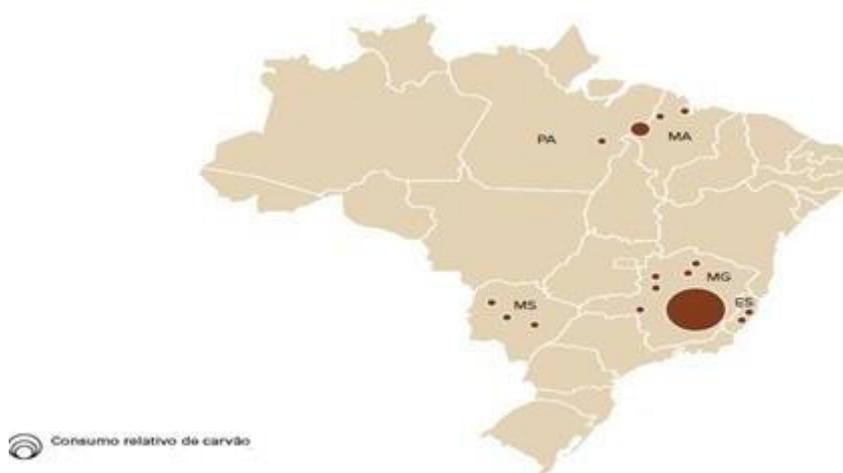


Figura 24: Principais Polos de Consumo de Carvão Vegetal no Brasil. Fonte: IBA e POYRY (2016)

O carvão vegetal produzido no Brasil nesses polos é destinado quase que exclusivamente para o abastecimento do setor siderúrgico nacional (ABRAF, 2012).

De acordo com Oliveira *et al* (2013), a produção brasileira continua ocorrendo em fornos rudimentares de alvenaria apesar deste segmento produtivo de carvão vegetal estar tentando se modernizar procurando empregar novas tecnologias em seus processos ao longo da cadeia produtiva do carvão vegetal. Isso se deve, segundo os autores, a uma preferência dos produtores de carvão aos métodos rudimentares em virtude da falta de capital dos mesmos para investirem em aparatos tecnológicos.

Sendo assim, esse segmento tem muito que desenvolver nesse sentido, pois os estudos têm demonstrado que o processo de automatização de sistemas de controle pode ser vital para a alavancada deste setor. Neste sentido observa-se o estudo de Simioni *et al* (2018), realizado no município do Itapeva, São Paulo, no qual os autores buscaram analisar a cadeia de biomassa do Eucalipto, para fins energéticos, em especial a cadeia do uso da lenha de eucalipto para produção de carvão vegetal. Estes autores constataram que o meio mais eficaz da utilização da lenha para produção de madeira é pela via do cavaco, para posterior queima em caldeiras. No entanto, muitas empresas não faziam tal procedimento uma vez que isso demandava certo grau de automação e que as mesmas

não possuíam ou não se despunham a alocar recursos para tal operação. O referido levantamento feito pelo estudo citado expõe que a aplicação de sistemas de controle de automação no ramo da produção de bioenergia, oriunda de matéria prima florestal, ainda se mostra precário e que a automatização do setor ainda tem muito a contribuir para o mesmo.

Dallastra em 2010 já afirmava que apesar do carvão vegetal ser usado com certa frequência em setores como os siderúrgicos para a produção de aço e de ferro-gusa, o investimento no setor é baixo sendo, portanto, os métodos utilizados por seus produtores em suas carvoarias ainda bastante rudimentares. Outro fator citado por Dallastra (2010) consiste no fato de que boa parte da produção de carvão vegetal é feita em pequenas propriedades rurais em fornos artesanais,

tais produtores não têm condições de investir em florestas plantadas com isso recorrem às nativas. Com o aumento de rigor, tanto nos procedimentos burocráticos para obter a licença de manejo de floresta nativa, como na fiscalização, muitos desses produtores têm abandonado a atividade.

Dellastra (2010) ainda destaca que, o uso de procedimentos rudimentares de produção de muitos produtores está ligado ao menor custo inicial devido à incapacidade destes de adquirirem maquinário mais tecnológico e automatizados.

4.4 Celulose e Papel

Conforme já fora abordado anteriormente no item 3.1.5 a indústria de papel e celulose tem grande relevância tanto para a economia nacional, como para a balança comercial de exportação. No tangente a sua distribuição geográfica é notável que a mesma tenda a se concentrar na região Sudeste e Sul, no litoral, em virtude da proximidade de portos que facilitam a exportação. Quanto à análise geográfica da distribuição das indústrias de celulose observa-se que elas se encontram próximas às fabricas de papel, isso se deve ao fato da primeira ser a matéria prima da segunda. Toda essa questão espacial fica demonstrada na Figura 25.

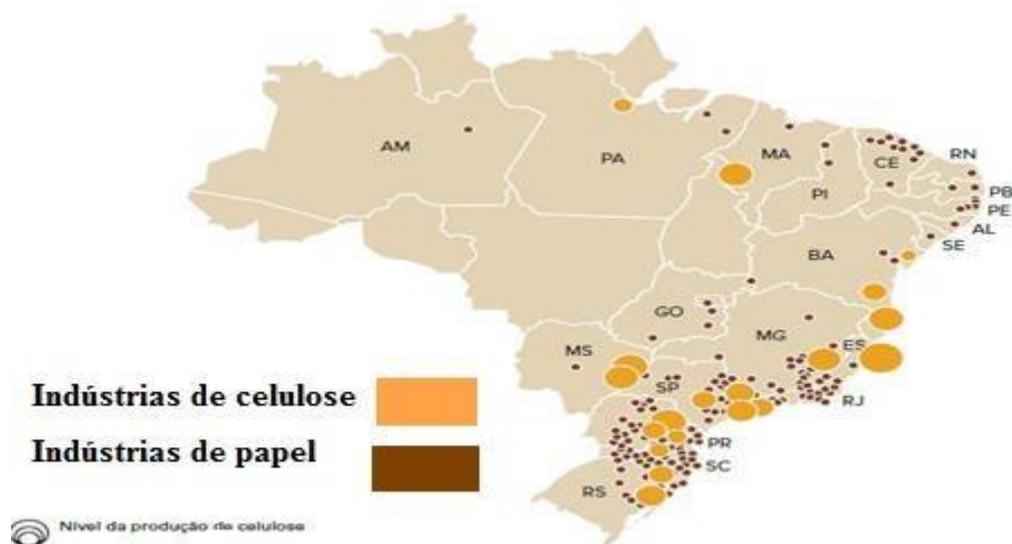


Figura 25: Distribuição Geográfica das Empresas de Celulose e Papel. Fonte: POYRY (2016)

Neste ramo do setor florestal foi possível encontrar relatos da aplicação do sistema logica Fuzzy. O artigo de REIS *et al* (2016), que abordou sobre o investimento

feito pela Suzano Celulose que implantou um sistema de lógica Fuzzy para controlar o fluxo de três tipos de caldeiras diferentes para a geração de energia de celulose. Com base nessa análise os autores concluíram que ocorreu de forma exitosa a implantação de um sistema de controle cruzado mantendo a eficiência do sistema da caldeira, o qual posteriormente em suas conclusões alegaram que houve grande ganho significativo para o processo tanto energeticamente como economicamente. Portanto, segundo os autores, a implantação do respectivo sistema de lógica Fuzzy gerou financeiramente um ganho de 1,5 milhões de reais ao ano.

Dentro do processo da produção da celulose o trabalho de Ferreira *et al* (2008) propõe um projeto de automação dos sistemas de rejeitos. Os autores utilizaram como base as instalações industriais da Votorantim. Em suas alegações Ferreira *et al* (2008), afirmam que o rendimento da implantação do modelo estudado elevaria consideravelmente conforme as simulações realizadas. Tal fato poderia resultar em ganhos anuais na casa de R\$ 306.000 a mais no lucro, baseando-se nos dados de produção média da empresa e na unidade estudada.

Correia (2016) estudou a aplicação de métodos estatísticos e de rede neural em um digestor de Kraft de celulose, visando a potencialização e o aumento de eficiência do cozimento de celulose. Em suas conclusões, entre os diversos tipos de séries que realizaram observaram que o método de RNA foi o que apresentou indícios de que tal metodologia pode aumentar a potencialidade e a eficiência do processo de polpação Kraft.

Além da ação de controle lógica Fuzzy encontrada para o controle das variáveis das caldeiras é oportuno abordar o trabalho desenvolvido por Brunetto e Barbosa (2003), onde os autores afirmaram que é possível o uso de ações de controle que operam a base do sistema ON-OFF para o controle das caldeiras. Sendo assim, é possível a aplicação desses sistemas nas caldeiras utilizadas nas indústrias de papel e celulose.

Percebe-se, portanto que o segmento de papel e celulose possui o maior nível de automação, justificando um maior número de artigos ou publicações sobre processos automatizados neste segmento. Isso certamente atribui-se ao fato do setor ser aquele que possui maior capital circulante devido ao alto valor agregado que o seu produto possui, bem como o alto capital disponível dos investidores desse segmento.

4.5 Indústria Madeireira

Este ramo apresenta uma grande variedade e segmentação de mercado, cujos aspectos econômicos já foram abordados na revisão de literatura, logo o nível de automação neste setor se mostra proporcional ao porte e as demais características do segmento em questão.

Caneppele (2013) pesquisou sobre o uso e a aplicação de sistemas de controle automatizados que operam com base na lógica Fuzzy em plantas industriais de Serrarias. Para a realização de seus estudos o autor escolheu cinco serrarias. Com os dados obtidos o autor concluiu que as serrarias, bem como toda a indústria madeireira possuem condições de reduzir o custo de produção bem como agregar valores, por meio da aplicação de sistemas que operam baseados na lógica Fuzzy.

Ainda neste ramo da indústria madeireira encontramos a obra de Pizzaiogolts e Zen (2017), na qual ambas descrevem a importância do processo de secagem da madeira e como se dá a aplicação do sistema ON-OFF neste processo. Porém, antes disso Vidal (2010), observou em seus estudos que o processo de secagem da madeira é de suma importância, pois a madeira úmida costuma apresentar defeitos não se adequando ao

processamento industrial nas serrarias.

A secagem da madeira pode ser realizada em um ambiente artificial onde se controla a temperatura, pressão, umidade entre outros. O sistema de controle automatizado aplicado para esse tipo de ocasião consiste na ação de controle ON-OFF, a qual segundo Pzzalagolts e Zen (2017), consistem no método mais simples para controlar todos os elementos como as variáveis do ambiente onde se situa a madeira. As autoras também declaram que o referido sistema de controle automatizado possui elementos que seriam coordenados pela ação ON-OFF: os sensores de umidade, de pressão, os atuadores e as válvulas de controle de vapor.

Por fim o trabalho feito por Martins *et al* (2016) analisou a situação das empresas madeireiras quanto ao desenvolvimento tecnológico. Para essa análise foi adotado como referência o conceito ideal: a concepção de indústria 4.0, no qual, segundo o autor, consistiria na quarta revolução industrial que se daria por meio do uso de simulações integrando um modelo virtual da planta com a planta propriamente dita, do uso da computação em nuvem com o aprimoramento dos sensores e com conectividade além dos PLCs. Para fazer essa avaliação Martins *et al* (2016), se valeram de duas ferramentas, o estudo bibliográfico e o questionário de campo aplicado às empresas madeireiras situadas no Paraná. Buscou alcançar em sua amostragem uma variação tanto do perfil das empresas como dos profissionais da empresa. Após o procedimento da pesquisa de campo o pesquisador concluiu que a dificuldade de muitas empresas em alcançar a automatização consiste na dificuldade de obtenção de recursos financeiros para fazer aquisição do maquinário necessário além da questão cultural.

No entanto é possível observar que uma vez vencida a barreira financeira, a empresa tende a buscar dinamizar o seu processo, recorrendo sempre a meios tecnológicos para possuir melhor competitividade e produtividade. Nesse sentido, como exemplo pode se observar a fábrica de MDF do grupo Greenplac instalada em Águas Claras no Mato Grosso do Sul, fabrica MDF de forma totalmente automatizada operando 24 horas por dia. O investimento necessário para obter a automatização de todo o processo foi de 575 milhões de reais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em face ao que foi coletado, é notável que o nível de automação do setor de celulose e papel se mostrou maior do que os dos demais setores, o que é justificável pelo fato deste setor possuir o maior capital financeiro, ou seja, trata-se de um setor que produz um produto de alto valor agregado.

No setor de silvicultura é notável que as florestas plantadas no Brasil sejam de grandes empresas devido ao fato da floresta ser um investimento de longo prazo ou seja, o retorno financeiro é demorado proporcionando grande custo. Essas grandes empresas, em virtude de suas melhores condições financeiras, têm recorrentemente investido na automatização de seus viveiros e plantios. Nesta seara verificou-se nesta pesquisa que a implantação de viveiros automatizados constituiu em um aumento de 20% do índice de sobrevivência das mudas.

Em relação ao segmento de lenha e carvão, o fato deste setor estar predominantemente ligado a pequenos produtores e representar uma alternativa de energia pequena perante aos outros, faz com que os mesmos não atraiam investimentos. Sem essa atração de investimentos esse referido ramo do setor florestal permanece como

dificuldades de se desenvolver tecnologicamente.

O nível de automação, de acordo com os trabalhos observados, da indústria madeireira mostra-se condizente com a renda. Ficou evidente que, serrarias de menores porte com mais trabalhos manuais comparadas às serrarias de grandes empresas, possuem processos menos automatizados. O mesmo se verifica nos setores de madeira restituída, pois grandes fábricas como as fábricas de painéis de madeira restituída e de pisos laminados, possuem praticamente todo o seu processo automatizado.

Por fim no tocante aos aspectos econômicos ficou nítido que a automação dos processos operacionais decorrentes na cadeia produtiva do setor florestal brasileiro acarretam em ganhos operacionais e financeiros para as empresas deste setor. Com base neste presente trabalho foi possível constatar situação cuja a aplicação de sistemas automatizados acarretou em ganhos que variaram da ordem de 300 a 1,5 milhões de reais anuais. Como é o caso da implementação de sistemas de controle de lógica fuzzy visando o controle do fluxo do vapor nas caldeiras de celulose.

Assim, esse estudo mostrou ser importante para o balizamento de formulação políticas públicas para promover o desenvolvimento do setor florestal brasileiro. Além disso, também se mostra útil às empresas desenvolvedoras de sistemas de controle e automação porque o levantamento feito nesse trabalho pode auxiliar essas empresas na identificação do mercado para atuarem ao longo da cadeia produtiva de diversos setores florestais.

6. CONCLUSÕES

O nível de automação decorrente de cada setor florestal está diretamente relacionado à capacidade financeira das empresas e dos investidores atuantes naquele referido setor. Sendo assim, os setores que apresentam maior nível de automação são aqueles com maior circulação de capitais e fabricação de produtos de maior valor agregado, haja vista a sua capacidade financeira para investimentos necessários.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. Madeira processada mecanicamente. Disponível em: <<http://www.abimci.com.br>> . Acesso em: 13/05/2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS-ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2011. Brasília, 145p. 2012.

BENDLIN, L.; SENFF, C. O.; PEDRO, J. Custos de produção, expectativas de retorno e riscos associados ao plantio de eucalipto na região do Planalto Norte-Catarinense/Brasil. In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 2014.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. Estudos Avançados. SciELO Brasil, v. 21, 59, 2007.

BROWN, R. O. ; DINIZ, C. C. C. Colheita florestal e manutenção de equipamentos móveis. Anais da I Semana de Aperfeiçoamento em Engenharia Florestal da UFPR. Curitiba: UFPR, 2017.

BOGNOLA, Itamar Antonio et al. Proposição de uma metodologia para identificação de unidades de manejo produtivas em plantios de eucalyptus. Pesquisa Florestal Brasileira, n. 59, p. 27, 2009.

BRUNETTO, J. R.; BARBOSA, L. R. R. Relatório Técnico Final Sistema de Controle de Temperatura de Caldeira. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia da Computação, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUC-PR, 2003.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. Mensuração florestal: perguntas e respostas. Viçosa: Ed. UFV, 548p., 2017.

CANEPPELE, F. L.; SERAPHIM, O. J. Análise da Eficiência Energética em Indústrias Madeireiras através da Lógica Fuzzy. Energia na Agricultura, 95-102 p., 2013.

COLODETTE, J. L.; GOMES, F. J. B. Branqueamento de Polpa Celulósica: da Produção da Polpa Marrom ao Produto Acabado. Viçosa, MG: Ed. UFV, 816p., 2015

CONSUFOR. Exportações Florestais. Disponível em: <https://consufor.com/wp-content/uploads/2019/02/Consufor_Exporta%C3%A7%C3%B5es_2018_PORT.pdf> 2018 . Acesso em 13 de maio de 2019.

CORREIA, F. M. Métodos estatísticos e redes neurais aplicados a modelos preditivos em digestor contínuo de celulose kraft de eucalipto. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia de Sistemas Químicos - Faculdade de Engenharia Química Universidade Estadual de Campinas, 2016.

CRUZ, V. S. Sistema de Automação e Supervisão do Laboratório de Avaliação dos Processos de Medição de Vazão e BSW. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Natal. 2003.

DALLASTRA, E. C. Sistemas de produção de carvão vegetal existentes no Brasil: uma análise de viabilidade econômica. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, 70p., 2010.

DORF, R. C.; BISHOP, R. Sistemas de Controle Modernos. Rio de Janeiro: LTC, 724 p., 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Balanço Energético Nacional 2015: relatório síntese-ano base 2014. Rio de Janeiro: EPE, 2015. Disponível em: <<http://www,mme.gov.br>> Acesso em: 13 maio 2015.

FARIA, J. M. R. D. C. Severidade e Controle da Bacteriose Foliar em Mudanças de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em Função do Nível Tecnológico do Viveiro Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP – Campus de Botucatu, 2013.

FERNER, P. T. O Custo Total da Colheita Florestal. Revista Opiniões disponível em: <<https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/18-controle-de-maquinas-e-equipamentos-florestais/>>. Acessado em 19/06/2018.

FERRAZ, R. P. Controle de Máquinas e Equipamentos Florestais. Revista Opiniões Disponível em: <<https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/18-controle-de-maquinas-e-equipamentos-florestais/>>. Acessado em 19/06/2018.

FERREIRA, J. A.; FERNANDES, O. R.; GUEDE, J. R. A.; CRUZ BARUD, J. C. Partida Automática do Sistema Separação de Rejeitos da Linha de Fibras B-Vcp (Votorantim Celulose e Papel). XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2008.

FONTES, I. R.; CAGNON, J. A. Sistema de supervisão e controle para aplicação em viveiros de mudas. Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural, 2002.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. Viveiros florestais (propagação sexuada) Viçosa: Editora UFV, 116p. 2013.

GRAÇA, L.R.; RODIGHIERI, H.R.; CONTO, A.J. de. Custos florestais de produção: conceituação e aplicação. Colombo: Embrapa Florestas: 32p., 2000.

GUTIERREZ, R. M. V.; PAN, S. S. K. (2008). Complexo eletrônico: automação do controle industrial. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 28, p. 189-232, 2008.

IBGE. Pesquisa da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS). Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pevs/default.asp?o=27&=P>> Acesso em: 13 maio 2019.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório IBÁ 2017. Brasília: IBÁ, 2015. Disponível em: <http://www.iba.org.images/shared/iba_2017.pdf> Acesso em: 13 de maio 2019.

MACHADO, C. C.(Ed). Colheita Florestal. Viçosa, MG: Ed. UFV, 3ª ed, 543 p. 2014.

MACHADO, C.C.; LOPES, E.S. Análise da influência do comprimento de toras de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal. *Cerne*, Lavras-MG, v.6, n.2, p.124-129, 2000.

MARTINS, L. A.; MOREIRA, F. T.; FERREIRA, L. E. M.; SPEDO JÚNIOR, P. D.; CASTRO, T. R. Os sistemas de informação envolvidos em uma indústria de beneficiamento de madeiras. X EEPA – X Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, 2016.

NOCE, R.; SILVA, M. L.; SOARES, T. S.; CARVALHO, R.; M. M. A. Análise de risco e retorno do setor florestal: produtos da madeira. *Revista Árvore*, v. 29, n. 1, p. 77-84, 2005

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. C. O. ; PEREIRA, B. L. C.; VITAL, B. R.; CARVALHO, A. M. M. L.; TRUGILHO, P. F.; DAMÁSIO, R. A. Otimização da produção do carvão vegetal por meio do controle de temperaturas de carbonização. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 37, n. 3, p. 557-566, 2013.

PAREDE, I. M.; GOMES, L. E. L.; HORTA, E. Eletrônica: Automação Industrial. Coleção Técnica Interativa, Série Eletrônica, v.6, Fundação Anchieta, São Paulo, SP. 2011.

PARISE, D. J. Influência dos Requisitos Pessoais Especiais no Desempenho de Operadores de Máquinas de Colheita Florestal de Alta Performance. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 148 p. 2005.

PINTO, F. C. Sistemas de automação e controle. SENAI - Serviço de aprendizagem industrial. Departamento regional do Espírito Santo. CETEC - Centro de educação e tecnologia Ariovaldo Fontes. Bento Ferreira. Vitória - ES, 2005.

PIZZAIAGOLTZ, E.; L. R. Eficiência Energética no Processo de Secagem da Madeira na Indústria. I SEAFLORE – Semana de Aperfeiçoamento em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná – UFPR, 2017.

REIS, H. M.; HALLA, D. L.; FREITAS CARNEIRO, S. S.; FARIA DIAS, H. F.; MILANEZ, A. F. Aumento de eficiência na matriz energética de uma planta de papel e celulose usando controle baseado em lógica fuzzy: um estudo de caso. *O PAPEL*, 77(1), 67-72p., 2016.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. São Paulo: SENAI-SP, 2013. 351 p. ISBN 9788565418706 (broch).

SILVA, M. L.; OLIVEIRA, R. J.; VALVERDE, S. R. ; MACHADO, C. C.; PIRES, V. A. V. Análise do Custo e do Raio Econômico de Transporte de Madeira de Reflorestamentos para Diferentes Tipos de Veículos. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.31, n.6, 1073-1079 p., 2007.

SILVEIRA, L.; LIMA, W. Q. Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial. UFRN-Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Natal, 2003.

SIMIONI, F. J. J.; MOREIRA, M. M. A. P.; FACHINELLO, A. L.; BUSCHINELLI, C. C. A.; MATSUURA, M. I. S. F. Evolução e Concentração da Produção de Lenha e Carvão Vegetal da Silvicultura no Brasil. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 731-742, 2017.

SIMIONI, F. J.; BUSCHINELLI, C. C. A.; DEBONI, T. L.; PASSOS, B. M. Cadeia Produtiva de Energia de Biomassa Florestal: O Caso da Lenha de Eucalipto no Polo Produtivo de Itapeva – SP. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 28, n. 1, 310-323 p., jan.-mar., 2018.

SOUSA, M. A.; PIRES, C. B. Custos na Prestação de Serviços de Colheita Florestal: um Enfoque nas Atividades Mecanizadas de Corte, Descasque e Extração Encontro ANAP, 2007.

TORESAN, Luís. Desempenho e competitividade do setor florestal brasileiro e catarinense. Disponível em:
<<http://www.icepa.com.br/agroindicadores/opiniaio/analise.htm>> Acesso em: 13/05/2019

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. Silvicultura clonal: princípios e técnicas. 2ª ed., Ed. UFV, 279 p. 2013.

ZANCAN, M. D. Controladores Programáveis. 3ª ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

VIDAL, B.R. Planejamento e operações de serrarias. Viçosa: UFV, 2010. ISBN;

ANUNCIOS HARVESTER MF RURAL: disponível em :
<https://www.mfrural.com.br/busca.aspx?palavras=harvester> . Acessaso em 22/04/2019