

III-040 - GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS: ESTUDO DE CASO EM UMA LAMINADORA, TAILÂNDIA-PA

José Luís Said Cometti⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Mestre em Desenvolvimento Sustentável pela Universidade de Brasília (UNB). Analista Ambiental da Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH).

Dirse Clara Kern

Dr^a em Geoquímica e Pesquisadora do Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG/MCT

Endereço⁽¹⁾: Rua Nunes Machado, 97 Apto 602 - Soledade - Recife - PE - CEP: 50050-590 - Brasil - Tel: (81) 3182 8857 - e-mail: jlscometti@yahoo.com

RESUMO

A indústria de laminados é um tipo de madeira destinada ao processo de transformação primária da tora de madeira em lâminas de fina espessura, que tem como principal uso a fabricação de compensados. O rendimento neste tipo de atividade é baixo, em média 50%. Ou seja, para produzir 1 m³ de madeira serrada, são necessários de 2 a 3 m³ de madeira em tora. O maquinário obsoleto e a falta de planejamento na atividade contribuem para o alto desperdício no setor e para a geração de grande quantidade de resíduos. Grande parte das indústrias madeireiras encontra dificuldades de gerenciar e dispor seus resíduos de forma adequada. No estado do Pará, é comum observarmos os resíduos sendo estocados nos pátios das serrarias, onde são queimados a céu aberto. Essa prática ocasiona graves impactos sócio-ambientais como a poluição atmosférica local e a incidência de doenças cardio-respiratórias na população. Objetivou-se estabelecer um Plano de Gerenciamento de Resíduos para uma indústria de laminados, localizada no município de Tailândia, Pará, Brasil, e avaliar do ponto de vista ambiental a utilização de resíduos de madeira como cobertura orgânica do solo em reflorestamentos de Paricá (*Schizolobium amazonicum*). Utilizou-se como metodologia visitas de campo e aplicação de questionários para análise do processo produtivo e geração de resíduos. O Plano de Gerenciamento seguiu-se as normas da ABNT. A avaliação ambiental da destinação final adotada, baseou-se na determinação de propriedades físicas e químicas do solo e na medida do diâmetro a altura do peito (DAP) das árvores de Paricá, seguindo metodologia da EMBRAPA (1997). Após as atividades realizadas nesta indústria durante dois anos, verificou-se que as ações proporcionaram um aumento na produção, atingindo 63% de eficiência. O aproveitamento dos resíduos gerados como cobertura do solo pode ter contribuído para melhorar propriedades do solo desejáveis a silvicultura. Comprovou-se que as árvores de Paricá desta área apresentaram maior desenvolvimento em relação às de solo original. O gerenciamento adequado dos resíduos na indústria de laminados reduz o consumo de matéria-prima e o risco de poluição ambiental. O uso de resíduos de madeira como cobertura do solo, mostrou-se como uma alternativa de destinação final ambientalmente adequada.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria de laminados, gerenciamento de resíduos, resíduos de madeira e Paricá.

INTRODUÇÃO

O município de Tailândia, localizado na mesorregião do nordeste paraense, destaca-se pela atividade industrial madeireira, representando 8% da produção do estado. A atividade gera no município um total de 3.520 empregos e uma renda bruta anual de US\$ 70,6 milhões (IMAZON, 1998). No ano de 2002, Tailândia consumiu 900.000 m³ de madeira em tora (8% do consumo estadual), produzindo/processando 332.000 m³. Sendo que, 82% foi madeira serrada e 12% na produção de laminados e compensados (VERÍSSIMO *et al.*, 2002).

A indústria de laminados é um tipo de madeira destinada ao processo de transformação primária da tora de madeira em lâminas de fina espessura, que tem como principal uso a fabricação de compensados. Segundo Brand & Muñiz (2000), o rendimento neste tipo de atividade é baixo, podendo atingir 40,7%. O desperdício na atividade madeira é alto, atingindo em média 50%, ou seja, para produzir 1 m³ de madeira serrada, são necessários de 2 a 3 m³ de madeira em tora (KITAMURA, 1994). O maquinário obsoleto e a falta de

planejamento na atividade contribuem para o alto desperdício no setor e para a geração de grande quantidade de resíduos.

Grande parte das indústrias madeireiras encontra dificuldades de gerenciar e dispor seus resíduos de forma adequada. No estado do Pará, é comum observarmos os resíduos sendo estocados nos pátios das serrarias, onde são queimados a céu aberto, conforme verificado na figura 1. Essa prática ocasiona graves impactos sócio-ambientais como a poluição atmosférica local, formação do fenômeno de “ilhas de calor” e a incidência de doenças cardio-respiratórias na população, como a asma, bronquite e pneumonia.



Figura 1: Indústria madeireira, Tailândia-PA

Lora (2002) define que a gestão de resíduos industriais “consiste no controle sistemático da geração, coleta, segregação na fonte, estocagem, transporte, processamento, tratamento, recuperação e disposição de resíduos”. O gerenciamento dos resíduos industriais proporciona a preservação do meio ambiente e racionalização o consumo de recursos naturais (matéria-prima e energia), além de vantagens para o industrial, por meio de economias em diversos níveis e melhoria da imagem pública da empresa.

De acordo com Remade (2003) e Souza (1997), as principais alternativas possíveis para a destinação dos resíduos de madeira são: Compostagem, produção de energia, produção de carvão vegetal, produção de painéis (aglomerados, MDF, OSB e outros) e a produção de briquetes. Estes dois últimos são ambientalmente mais viáveis, porém necessitam de grandes investimentos em tecnologia.

Neste contexto, alternativas tecnológicas de tratamento, reutilização e disposição de resíduos deverão ser avaliadas dentro de uma perspectiva de viabilidade tecnológica, econômica e ambiental (TEIXEIRA, 1999). Por serem sólidos orgânicos de origem vegetal e ainda não foi registrado o uso de produtos químicos na madeira no município de Tailândia, a alternativa de destinação final para os resíduos de madeira como cobertura orgânica do solo em culturas florestais pode ser uma alternativa viável do ponto de vista do desenvolvimento sustentável.

O trabalho objetiva propor um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para uma indústria de laminados de madeira, localizada no município de Tailândia, Estado do Pará, e avaliar do ponto de vista ambiental a utilização de resíduos de madeira como cobertura orgânica do solo em reflorestamentos de Paricá (*Schizolobium amazonicum*).

MATERIAIS E MÉTODOS

Gerenciamento de Resíduos

Realizou-se visitas na indústria para conhecimento do processo produtivo e descrição do mesmo. A partir destas visitas, elaborou-se questionários, dos quais foram obtidas informações do escritório sobre consumo e entrada de matéria-prima, produção, estoques e vendas.

A quantificação dos resíduos gerados foi obtida através do balanço de materiais proposto por Brand & Muñiz (2000). Esta avaliação consiste na diferença entre o volume de madeira em tora que entra no processo e o volume de lâminas produzidas destinadas à comercialização.

A caracterização foi realizada através de artigos científicos e catálogos técnicos embasados na NBR 10.004 (ABNT, 2004) que trata da classificação de Resíduos Sólidos;

Elaborou-se um fluxograma de produção e geração de resíduos para avaliar o ciclo produtivo da empresa. O fluxograma inicia-se com a entrada da matéria-prima na laminadora e dada à seqüência pela atividade ou equipamento envolvido no processo produtivo através das linhas de cor azul. As linhas vermelhas representam a geração de resíduos. Adicionou-se posteriormente, em linhas verdes, o fluxo de reaproveitamento dos resíduos no ciclo produtivo. Este fluxograma pode ser visualizado na figura 6.

As medidas propostas para o armazenamento dos resíduos basearam-se na norma NBR 11174 - Armazenamento de resíduos inertes (II b) e não inertes (II a); e as especificidades da empresa;

O transporte foi orientado pela NBR 13221 (ABNT, 2010), que trata do Transporte de Resíduos Sólidos.

Destinação Final

A cultura de Paricá foi implantada experimentalmente em uma área aproximada de 2 hectares no Km 6 da Vicinal 8 – Tailândia – Pará. Foram plantadas no ano de 1999, 1258 árvores de Paricá (*Schizolobium amazonicum*), sendo que a área foi dividida em duas, cada uma com 629 árvores, e uma das parcelas adicionou-se antes do plantio aproximadamente 1000m³ de resíduos de lâminas trituradas, e a outra metade deixou-se com as características originais do solo.

Abriu-se 1 perfil de solo em cada área e coletou-se 1 amostra de cada horizonte de solo. Analisou-se as seguintes propriedades físicas e químicas: Porosidade por meio do picnômetro de mercúrio; C e matéria orgânica pelo método *Walkley-Black*, modificado; Ca, Mg foram abertos com acetato de NH₄ a pH 7,0 e determinados por Absorção atômica; O P, Na e K pelo método de Melch; pH em água pelo método de Vettori (1969). Essas análises seguiram a metodologia proposta por EMBRAPA (1997).

Para avaliar o desenvolvimento da cultura, mediu-se Diâmetro à Altura do Peito (DAP) no mês de agosto de 2003 e agosto de 2004. Com uma fita métrica padrão, mediu-se a circunferência da árvore e calculou-se o DAP, pela fórmula ($D = C/\pi$).

Os dados foram analisados estatisticamente, utilizando o Software Microsoft Excel, 2.0 e os mapas de distribuição espacial foram gerados no Software Surfer 8.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da Indústria em Estudo

O estudo foi realizado na Indústria de Laminados – Tailâminas Plac, localizada no município de Tailândia, Pará. A empresa de uma área de produção de 48.000 m², onde são consumidos mensalmente em média 3.000 m³ de madeira em tora, sendo processados/beneficiados 1.890 m³ de lâminas de fina espessura. A figura 2 mostra o processo de laminação da empresa. As espécies mais utilizadas no processo produtivo são a Faveira (*Panopsis sp.*), Cupiúba (*Goupia glabra Aubl.*), Angelim (*Hymenolobium sp.*), Jatobá (*Hymenaea sp.*), Cajú (*Anarcadium spruceanum*) e Sumaúma (*Ceiba petrandia Gaerth.*) e originárias dos municípios de Tailândia e Moju. Conta com 170 funcionários e 80% da produção é destinada ao sul do Brasil.



Figura 2: Processo de laminação – empresa Tailâminas Plac, Tailândia-PA

Descrição do Processo Produtivo

A empresa obtém a madeira em tora das áreas de reflorestamento e manejo de floresta nativa. No pátio de estocagem são cortadas em pedaços menores, os “toretes”, gerando como resíduos casca e grandes pedaços de madeira. O torete permanece por um período de 5 dias na estufa e segue direto para a laminação. Nesta última etapa são gerados os resíduos de lâmina, serragem e a parte do torete não passível de laminação, o “rolo resto”. A lâmina produzida é enrolada em uma bobina e depois cortada em chapas de tamanhos específicos, onde também são eliminados os pedaços defeituosos. As lâminas passam por um secador para retirar a umidade. O vapor é gerado através de uma caldeira, que gera como resíduo as cinzas. As lâminas são classificadas quanto à qualidade e na “destopadeira” são eliminados mais pedaços defeituosos. As lâminas de boa qualidade seguem para o pátio de estocagem. O processo produtivo pode ser melhor visualizado na figura 6 acompanhando o traçado em cor azul.

Etapas do Gerenciamento de Resíduos

Os resíduos de madeira gerados na indústria de laminados Tailâminas Plac são: casca, rolo resto, lâminas, pedaços de lâminas defeituosos e serragem. De acordo com a literatura, os resíduos de madeira são classificados pela NBR 10.004 (ABNT, 2004) como resíduos de **Classe II**, sendo resíduos não inertes e não perigosos, e apresentam características de combustibilidade, biodegradabilidade, ou solubilidade em água, com possibilidade de acarretar riscos à saúde pública ou ao meio ambiente, se dispostos incorretamente.

Considerando o consumo médio mensal de toras de 3.000 m^3 , o rendimento do processo de 63% e os cálculos do volume de casca e de rolo resto, encontrou-se os seguintes valores médios de geração de resíduos:

Casca → representa 4,5% do torete, constituindo um volume de $120 \text{ m}^3/\text{mês}$;

Rolo resto → representa 5,5% do torete laminado, constituindo um volume de $165 \text{ m}^3/\text{mês}$. Este valor foi menor que o encontrado por na literatura, 6,6% (MIYAZAKI, 1989) e 5,89% (BRAND & MUÑIZ 2000). O rolo resto pode ver visualizado na figura 3.

Lâminas e serragem → representa 27%, sendo o resíduo gerado em maior quantidade, constituído um volume de $810 \text{ m}^3/\text{mês}$. O resíduos de lâminas pode ser visualizado na figura 4.



Figura 3: “Rolo resto” – empresa Tailâminas Plac, Tailândia-PA



Figura 4: “Resíduos de lâmina” – empresa Tailâminas Plac, Tailândia-PA

A separação dos resíduos é feita na fonte de geração, sendo um ponto positivo, pois facilita o acondicionamento e facilita sua destinação final. Entretanto, os recipientes de acondicionamento interno feitos de madeira, como os cavaletes verificados na indústria, dificulta o transporte destes resíduos dentro da fábrica. A norma ABNT/NBR 11.174 estabelece que estes recipientes devem ser constituídos por materiais compatíveis com os resíduos a serem acondicionados, observando resistência física a pequenos impactos, durabilidade e, igualmente, adequação com o equipamento de transporte interno.

Quanto a identificação de rotas internas para o transporte de produtos e resíduos, esta não foi verificada na indústria. A norma ABNT/NBR 13221 propõe, que devem-se estabelecer procedimentos para transporte interno, contemplando, no mínimo, identificação de rotas preestabelecidas; habilidades e treinamento de motoristas; adequação do equipamento ao peso da carga, a sua forma e estado físico.

A contenção temporária de resíduos no aguardo do sistema de destinação final é feita no próprio pátio da serraria, onde não chegam a passar mais de 24h. Os resíduos são colocados por uma pá-carregadeira em contêineres metálicos com capacidade de 30 m³ que são acoplados a caminhões e levados para a área de destinação final.

Os resíduos de lâmina, a casca e as cinzas da caldeira são reutilizadas como adubação orgânica do solo nos reflorestamentos de Paricá (*Schizolobium amazonicum*) da empresa. A figura 5 mostra a cobertura do solo com os resíduos de madeira e a cultura de Paricá ao fundo. Nestas culturas os resíduos de madeira depositados sob a área de plantio pode ter contribuído para melhorar propriedades físicas e químicas do solo, as quais

condicionaram o maior desenvolvimento das plantas (COMETTI, J. L. S., KERN, D. C. e MONTEIRO, K. F. G., 2004).



Figura 5: Cobertura do solo com resíduos de lâmina triturada e cultura de Paricá, Tailândia-PA

Essa prática pode ser considerada como sustentável, pois é de baixo custo e está inserida no processo produtivo da indústria com o fornecimento de matéria-prima, além de evitar a queima a céu aberto dos resíduos (prática comum observada no município), que gera poluição do ar e ocasiona o aumento de doenças respiratórias na população.

Entretanto, caso aconteça algum acidente como, por exemplo, a incineração dos resíduos acondicionados no pátio da laminadora ou das áreas de reflorestamento, não foram verificadas medidas de segurança. Como ações, a empresa deve cercar a área para impedir o acesso de pessoas não autorizadas, identificar com placas, construir aceiros para diminuir o risco de incêndios.

Em relação ao monitoramento ambiental, a empresa tem apoiado o desenvolvimento de pesquisas para o estudo do solo nas áreas de reflorestamento com cobertura de resíduos de lâmina. Outra pesquisa apoiada é o projeto “Terra Preta Nova”, que pretende recriar solos altamente férteis e estáveis a exemplo das Terras Pretas na Amazônia. Esta pesquisa parte da premissa de que o acúmulo de resíduos de origem vegetal e animal em sítios arqueológicos tem sido a causa primordial desse fenômeno.

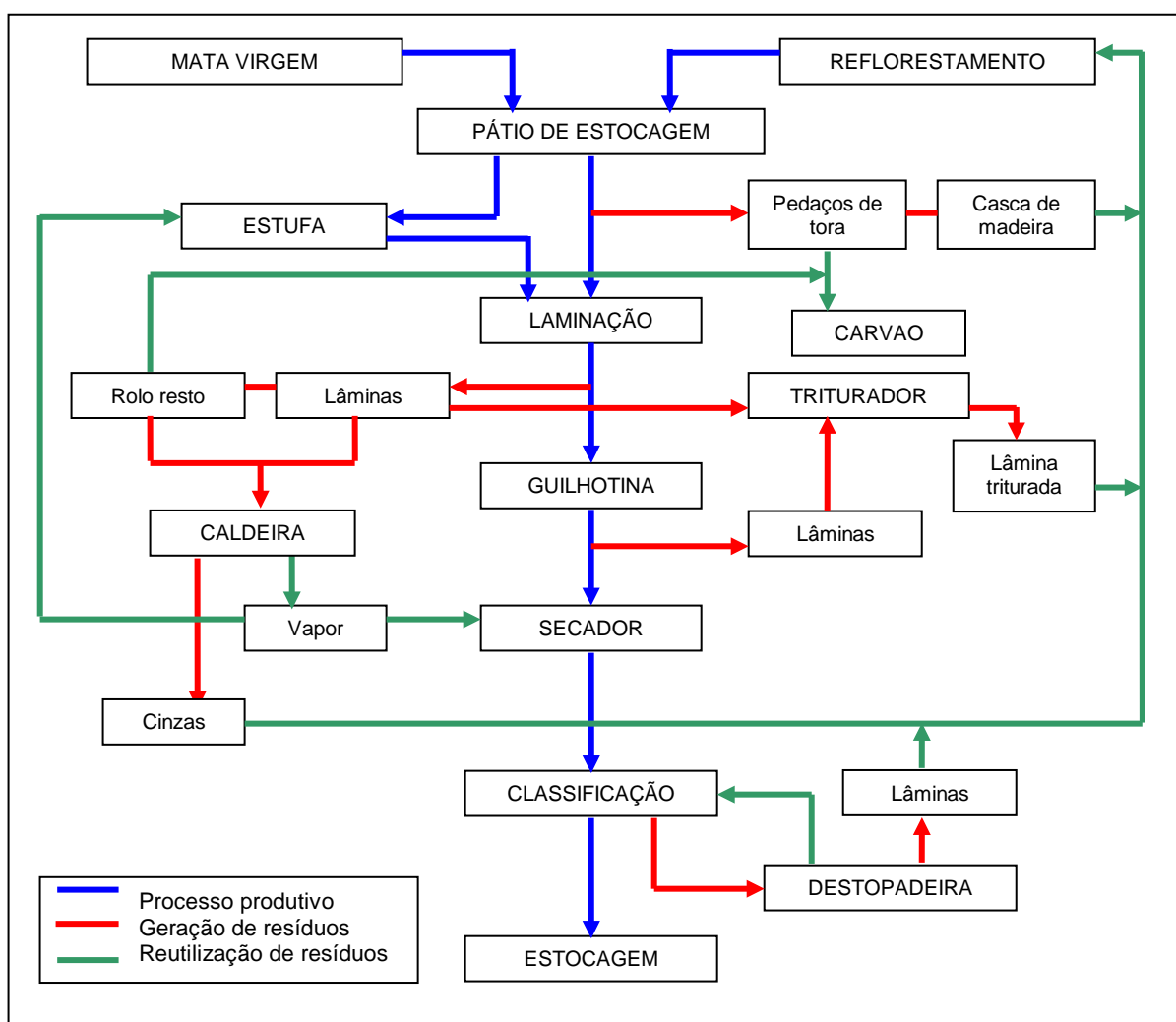


Figura 6: Processo produtivo, geração de resíduos e reutilização de resíduos na Indústria de Laminados Tailâminas Plac, Tailândia-PA

Destinação Final

A densidade do solo corresponde à massa de solo (M_s) seco por unidade de volume de solo, expressa em g/cm^3 , também chamada de densidade aparente ou densidade global (VIEIRA, 1988). A área com resíduos adicionados ao solo apresentou a densidade do solo mais baixa nos primeiros horizontes (ParicáSR = 1,51 e ParicáCR = 1,19g/Kg) tornando-os mais porosos (ParicáSR = 39 e ParicáCR = 49%). A porosidade do solo corresponde ao volume do solo não ocupado por partículas sólidas, incluindo todo o espaço poroso ocupado pelo ar e água. A porosidade total inclui a macroporosidade e a microporosidade (CURI *et al.*, 1993).

A quantidade de matéria orgânica (MO) foi maior nos primeiros horizontes e no perfil com resíduo (ParicáSR = 9,03 e ParicáCR = 20,84 g/Kg), assim como, também foi a maior a quantidade dos elementos nutrientes, com por exemplo, o P (ParicáSR = 2 e ParicáCR = 5mg/dm³) (COMETTI *et al.*, 2004 & MONTEIRO, 2004). A importância da cobertura de resíduos orgânicos está, em além de favorecer a atividade de organismos, é responsável pelo aporte de MO no solo, por meio do processo de mineralização, disponibilizando maior concentração de nutrientes para as plantas (RUIVO, 1998).

A Capacidade de Troca de Cátions é uma propriedade de suma importância na avaliação dos solos em fornecer cátions (Al^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH) para as plantas, na predição da composição mineralógica e na contribuição das frações minerais e orgânica dos solos. A CTC do solo é expressa em termos de quantidade de carga que os colóides podem reter por unidade de peso (POTAFOS, 1998). A CTC foi maior nos primeiros

horizontes do perfil com adição de resíduos de madeira (ParicáSR = 5,26 e ParicáCR = 10,22 cmolc.kg^{-1}), decrescendo com a profundidade (COMETTI et al, 2004 & MONTEIRO, 2004), conforme verificado na figura 7.

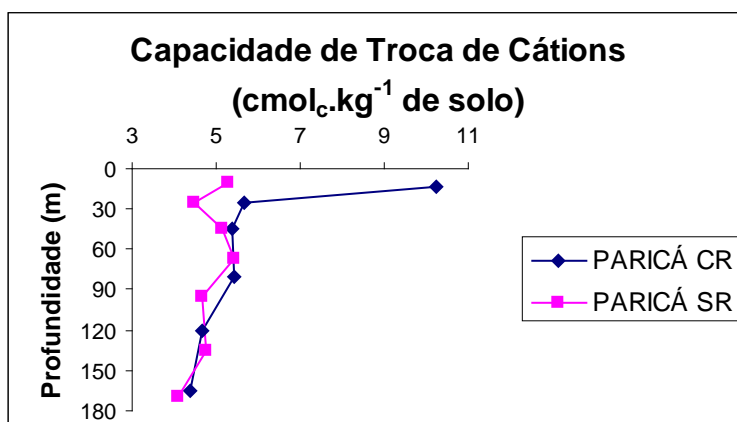


Figura 7: Capacidade de troca de cátions do solo nas culturas de Paricá COM e SEM adição de resíduos. Fonte: Adaptado de MONTEIRO (2004) e COMETTI *et al* (2004).

Na área com adição de resíduos, as árvores apresentaram um maior desenvolvimento, tendo maior concentração de indivíduos com o DAP de 18-20 cm (28,6%) e 21-23 cm (21,6%). O valor médio do DAP das árvores sobreviventes foi de 20,15 cm, atingindo valor máximo de 34 cm. Já na outra área, a maior concentração de indivíduos apresentou o DAP de 15-18 cm (15,9%) e de 18-20 cm (22,3%), tendo o valor médio de 17,54 cm. O máximo valor de DAP encontrado foi de 31cm. A distribuição espacial dos indivíduos pode ser visualizada na figura 8.

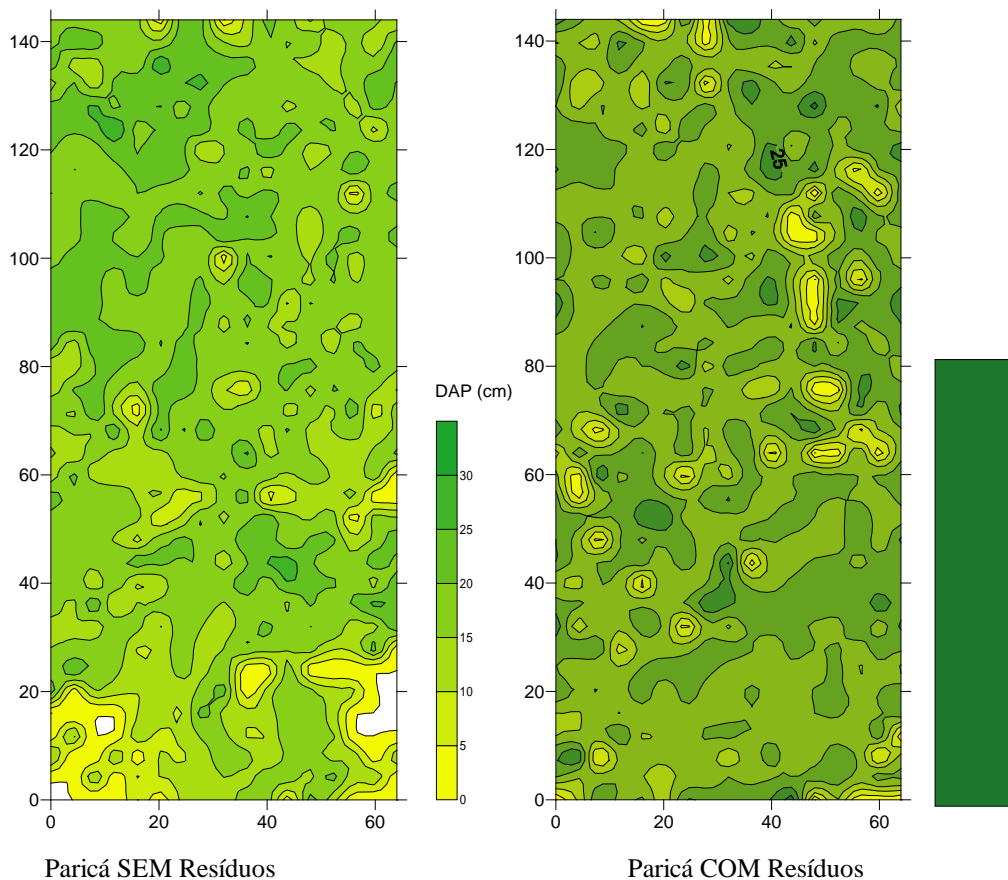


Figura 8: Distribuição espacial das árvores de Paricá seguindo o DAP.

CONCLUSÃO

Pode-se ainda verificar que uma empresa bem gerenciada em relação à produção de resíduos, proporciona uma redução do consumo de matérias-primas, as quais estão à mercê da escassez, assim como o desaparecimento das florestas. O Sistema de Gestão de Resíduos na indústria de laminados poderá permitir o controle da geração, manipulação, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos e, conseqüentemente, a total conformidade da empresa à legislação ambiental. Dessa forma, a empresa provavelmente diminuirá o risco de contaminação ambiental causados pelos resíduos.

Neste contexto o plantio, principalmente de espécies florestais nativas como o Paricá, por exemplo, traz uma série de benefícios diretos e indiretos como a ocupação de áreas abandonadas, proteção das nascentes e cursos de água, recuperação do solo, entre outros, sendo, contudo, também considerado como uma alternativa econômica. O reflorestamento em áreas degradadas, além dos benefícios ecológicos, amplia a oferta de madeira reflorestada na região, crescendo também a renda na propriedade rural e diminuindo a pressão sobre as florestas naturais remanescentes.

Dessa forma, poderão ser disseminadas novas técnicas para um gerenciamento e destino final corretos para os resíduos madeiros, e um sistema de reposição florestal mais eficaz, que possa garantir este recurso para um futuro próximo, e minimizar os impactos sócio-ambientais no município de Tailândia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Resíduos Sólidos - Classificação - NBR 10.004. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
2. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Resíduos Sólidos - Armazenamento de Resíduos Classe II - NBR 11.174. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.
3. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Resíduos Sólidos - Transporte - NBR 13.221. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
4. BRAND, M. A & MUÑIZ, G. I. B. Caracterização do Rendimento e dos Resíduos em uma Laminadora Através do Balaço de Materiais. 1º Encontro Amazônico de Ciências Florestais. Manaus: INPA, 2000.
5. COMETTI, J. L. S., KERN, D. C. e MONTEIRO, K. F. G. Avaliação do Uso de Resíduos de Serraria como Cobertura Orgânica no Solo, em Duas Culturas Florestais, Tailândia-Pa In: III Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, 2004, Taguatinga-DF. UCB, 2004.
6. CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. Vocabulário de ciência do solo. Campinas: SBCS, 1993.
7. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos – Manual de métodos de análise de solos. SNLS – Rio de Janeiro, 1997. 247p.
8. IMAZON, Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. Os danos da exploração madeireira com e sem planejamento na Amazônia Oriental. Série Amazônia nº 16. Belém: IMAZON, 1998.
9. KERN, D. C. Aproveitamento econômico de resíduos de serraria como alternativa para minimizar os impactos sócio-ambientais no Estado do Pará. Relatório Técnico Final 2004. Belém: FUNTEC/SECTAM, 2004.
10. KITAMURA, P. C. 1994. A Amazônia e o Desenvolvimento Sustentável. Embrapa –SPI, 182p.
11. POTAFOS, Instituto da Potassa e do Fosfato. Manual internacional de fertilidade do solo. Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes. 2ª edição revisada e ampliada. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177p.
12. REMADE. Gestão de resíduos sólidos na indústria madeireira. Revista da Madeira nº 77 - ano 13 - novembro de 2003.
13. RUIVO, Mª. de L. P. Vegetação e Características do Solo como Indicadores de Reabilitação de áreas mineradas na Amazônia Oriental. Tese de doutorado apresentada à Universidade Federal de Viçosa. 1998. 107p (20-57).
14. SOUZA, M. R. Tecnologia para usos alternativos de resíduos florestais: experiência de laboratório de produtos florestais- IBAMA na área de utilização de resíduos florestais agrícolas. Anais. Workshop sul-americano sobre usos alternativos de resíduos de origem florestal e urbana. Curitiba: Embrapa- florestais. 1997. 182p.
15. TEIXEIRA, Eglé Novaes. Palestra - Resíduos sólidos: minimização e reaproveitamento energético. Seminário Nacional Sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais - SMA/SP, São Paulo,

- 31/8/2000. Disponível em <<<http://apps.fiesp.com.br/bolsa/index2.htm>>> acessado em 23 de junho de 2005.
16. VERÍSSIMO, Adalberto; LIMA, Erivelthon; LENTINI, Marco. Pólos Madeireiros do Estado do Pará. Belém: IMAZON, 2002.
 17. VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C. dos; VIEIRA, N.F. Solos: propriedades, classificação e manejo. Brasília: MEC/ABEAS, 1988. (Programa Agricultura nos Trópicos, 02). p. 35-52.