

**III-090 - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO E DE ROTAS DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE MADEIRA E DERIVADOS DE MADEIRA: ESTUDO DE CASO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV)****Alex Cardoso Pereira⁽¹⁾**

Engenheiro Ambiental e Sanitarista. Mestre em Engenharia Civil (Sanitária e Ambiental) pela Universidade Federal de Viçosa (DEC/UFV). Doutorando em Engenharia Civil (Sanitária e Ambiental) na DEC/UFV.

Gabriel Henrique Soares Almeida⁽²⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei – *Campus Itabira*). Mestre em Engenharia Civil (Sanitária e Ambiental) pela Universidade Federal de Viçosa (DEC/UFV).

Ana Augusta Passos Rezende⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Master of Engineering - University of Toronto. Doutora em Engenharia Agrícola (Recursos Hídricos e Ambientais) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Pós-doutorado na Universidad de Concepcion, Chile.

Angélica de Cássia Oliveira Carneiro⁽⁴⁾

Engenheira Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Engenharia Florestal (Ciência Florestal) pela UFV. Doutora em Engenharia Florestal (Ciência Florestal) pela UFV.

Claudio Mudado Silva⁽⁵⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Doutorado em Chemical Engineering - University of Toronto. Pós-doutorado na Bioforest, Chile.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Peter Henry Rolfs, s/n – Campus Universitário - Viçosa - MG - CEP: 36570-000 - Brasil - Tel: (31) 3899-2749 - e-mail: alex.c.pereira@ufv.br

RESUMO

Alternativas sustentáveis com foco na valorização de resíduos sólidos e a sua reinserção em determinado ciclo produtivo, consolidam-se como soluções ao gerenciamento de resíduos sólidos industriais, amparadas pelo pilar da economia circular. Em uma perspectiva local, a potencial geração de resíduos lignocelulósicos na Universidade Federal de Viçosa (UFV) pode abastecer a demanda de uso interno em atividades agrárias e florestais da instituição, gerando impactos positivos tanto econômicos quanto socioambientais. No intuito de propor e implementar formas adequadas de gerenciamento, o presente estudo buscou avaliar o potencial de geração e as rotas de aproveitamento de resíduos de madeira e de painéis de madeira em setores produtivos da UFV. Intervenções com base na proposta metodológica de pesquisa ação, possibilitaram a realização de diagnóstico nos setores de geração (marcenaria e carpintaria), auxiliando na adequação dos espaços físicos e mobilização de funcionários para a elaboração do inventário de resíduos lignocelulósicos e no mapeamento de rotas. Ao longo de um ano foi registrada uma geração inconstante, de aproximadamente 116,6 t/ano, média de 9,72 t/mês de resíduos lignocelulósicos, com maior parcela de resíduos de madeira maciça. Embora a maioria dos resíduos seja aproveitada dentro da instituição, cerca de 48,57% ainda é destinada para fora do domínio, com destaque ao encaminhamento para bota-fora. Em relação ao aproveitamento, a queima direta do material (40,69%) e o uso em forração de cama animal (30,32%) foram as mais praticadas. Ainda que a geração de resíduos não seja suficiente para abastecer as demandas da instituição, em sua totalidade, o aproveitamento interno trouxe uma economia anual de gastos estimada entre R\$ 3.000 a R\$ 6.700. Em um contexto geral, o diagnóstico e o inventário de resíduos lignocelulósicos foram importantes ferramentas na busca por garantir o reaproveitamento dos resíduos, principalmente aqueles com baixa demanda, como é o caso de resíduos de painéis de madeira.

PALAVRAS-CHAVE: Economia circular, Resíduos lignocelulósicos, Gerenciamento ambiental, Inventário de resíduos sólidos industriais, Pesquisa-ação.

INTRODUÇÃO

A valorização de resíduos sólidos como subprodutos e a sua reinserção no ciclo produtivo, seja como matéria ou energia, reafirma a importância da adoção de práticas sustentáveis, pautadas pela economia circular. Frente aos fluxos de consumo e pós-consumo, tem-se a necessidade de reforçar a gestão e o gerenciamento adequados, desde o processamento da matéria-prima a geração de resíduos, viabilizando na redução de custos e mitigação de impactos ambientais negativos.

As atividades dos setores de marcenaria e carpintaria da UFV resultam em um potencial considerável de geração de resíduos de madeira maciça e derivados (lignocelulósicos). A partir do processamento e beneficiamento de toras de madeira, fabricação e reparo de móveis, com predominância de chapas de MDF – *Medium Density Fiberboard*, são gerados resíduos diversificados como aparas, serragem e pó. Embora a geração anual de resíduos provenientes dessas atividades seja inconstante, a demanda de consumo de matéria-prima é contínua, como também o uso dos resíduos de madeira maciça, em atividades agrárias, florestais e setoriais internos e externos à Universidade, ou seja, na forragem de criação animal, pesquisa, geração de calor.

Apesar das características como a combustibilidade e a biodegradabilidade possibilitarem usos múltiplos da madeira, ainda há impasses em relação à utilização de resíduos de painéis de madeira. Estas limitações estão relacionadas à presença de resinas sintéticas à base de formaldeído na composição (FARAGE *et al.*, 2013), refletindo em dificuldades de gerenciamento de resíduos no setor da indústria moveleira.

OBJETIVO

Propor e implementar formas adequadas de gerenciamento de resíduos lignocelulósicos, e avaliar o potencial de geração e as rotas de aproveitamento de resíduos de madeira e de painéis de madeira em setores produtivos da UFV.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa, durante o período de março de 2018 a fevereiro de 2019. Intervenções práticas foram executadas, com base na proposta metodológica de pesquisa-ação, subdivididas em 5 etapas fundamentais:

- Diagnóstico dos setores geradores de resíduos lignocelulósicos da UFV - O diagnóstico nos setores de produção e consumo de biomassa florestal permitiu o conhecimento e levantamento de dados primários, além de identificar a demanda de insumos de cada setor. As unidades de produção foram inventariadas com base na Resolução CONAMA nº 313/2002 (BRASIL, 2002), com determinação do tipo, quantidade de matéria-prima consumida e o processo de produção. Em relação as unidades de consumo, foram conduzidas entrevistas com os responsáveis, reconhecendo a demanda, a frequência de fornecimento de insumos e o gerenciamento dos resíduos pós-produção.
- Adequações dos setores de geração – As adaptações e readequações foram executadas possibilitando mudanças no armazenamento e segregação dos resíduos de acordo com sua morfologia. Foram confeccionados contêineres (tanto para resíduos de madeira e recicláveis) e suportes acoplados aos maquinários, bem como a instalação de placas.
- Mobilização e sensibilização da equipe de funcionários e responsáveis – As atividades participativas de capacitação culminaram no esclarecimento e instruções da equipe de funcionários promovendo um espaço colaborativo e de discussão de melhorias nos setores.
- Elaboração de inventário de resíduos lignocelulósicos - O monitoramento, a coleta de dados de geração e destinação e a forma de aproveitamento dos resíduos de madeira e derivados compõe o inventário de resíduos lignocelulósicos.
- Mapeamento das rotas de aproveitamento e destinação de resíduos – A partir dos dados gerados do inventário, as rotas de destinação de cada tipo de resíduo e o seu aproveitamento foram mapeadas.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS

O aproveitamento (consumo) de resíduos de madeira e derivados dentro e fora da instituição, praticado de forma tímida em anos anteriores, pôde ser impulsionado por meio de fatores que auxiliaram no gerenciamento dos resíduos. A readequação dos setores, o envolvimento, a orientação e a mobilização de funcionários e responsáveis nas unidades de produção, possibilitou a segregação e quantificação dos resíduos, e sua destinação dentro e fora da instituição.

A etapa de segregação foi um importante fator para viabilizar a estocagem e recolhimento do material para uso em demanda específica, de acordo com sua tipologia. Assim, como a estocagem, tanto em contêineres específicos como acoplados no próprio maquinário, foi efetivada a organização interna do ambiente de trabalho, compactuando na minimização de acidentes de trabalho.

Aos setores de consumo internos e externos a UFV, pontua-se fatores relevantes como a redução de custos com a compra de insumos e materiais; contato direto com as unidades de produção; e o auxílio a projetos, principalmente aos que são relacionados a ressignificação de resíduos, como práticas de artesanato.

DADOS DO INVENTÁRIO DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS: GERAÇÃO E CONSUMO

Com uma geração inconstante ao longo do período inventariado, os resíduos quantificados totalizaram um montante de aproximadamente 116,6 t/ano, com produção média de 9,72 t/mês. A predominância de resíduos de madeira maciça é devido ao maior consumo da matéria-prima nos setores de marcenaria e carpintaria. Durante as etapas de processamento e beneficiamento de madeira maciça, a geração de resíduos pode chegar a uma faixa de aproximadamente 45% - 65%, de acordo com o Coeficiente de Rendimento Volumétrico (CRV), estabelecido pela Resolução CONAMA nº 474/2016 (CONAMA, 2016). Quanto aos painéis de madeira, essa proporção pode chegar a 23%, como evidenciado por Mafessoni (2012), no diagnóstico de indústria moveleira do polo de Bento Gonçalves-RS.

Os picos de produção e consequente geração de resíduos lignocelulósicos foram influenciados pela demanda institucional, fornecimento de matéria-prima, principalmente de toras de madeira, e o período de férias coletiva dos setores (primeira quinzena de janeiro). Com isso, houve uma maior geração nos períodos de abril a julho, novembro e dezembro, além de, isoladamente, do mês de fevereiro, como observado na Figura 1. Tais meses correspondem ao período de maior atividade institucional, culminando no aumento pela demanda nos setores de marcenaria e carpintaria. Cabe ressaltar que a produção de móveis abastece os *Campus* de Viçosa e Florestal da UFV. A geração inconstante de resíduos de madeira também foi observada por Nascimento (2009) em uma indústria moveleira de médio porte.

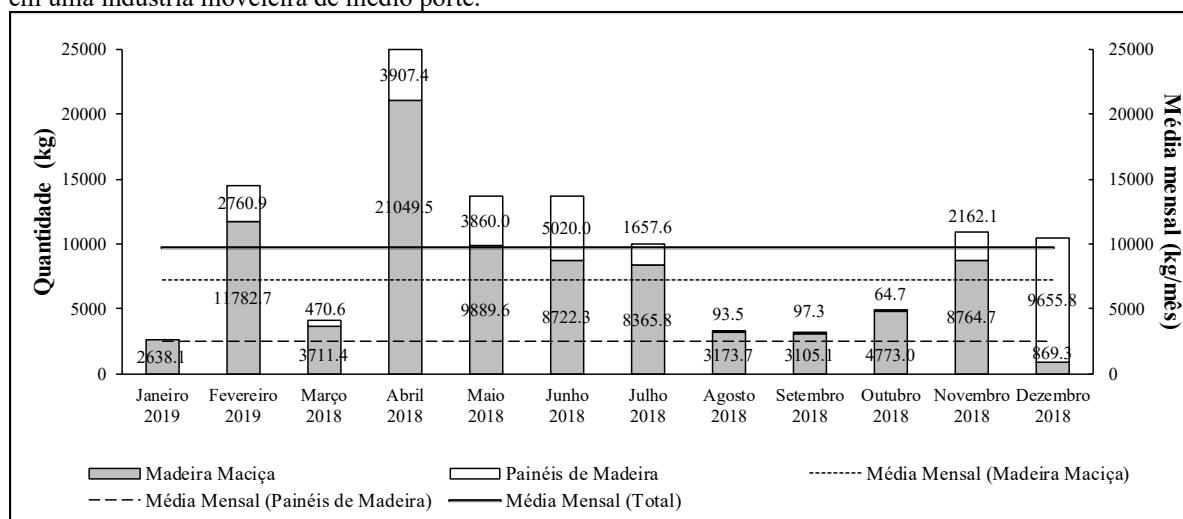


Figura 1: Geração e médias mensais de resíduos de madeira maciça e painéis de madeira na UFV durante o período inventariado (março/18 a fevereiro/19)



A ênfase em atividades setoriais e laboratoriais pertencentes, principalmente, aos cursos de ciências agrárias, ciências florestais e zootecnia da UFV, refletem diretamente na demanda e consumo internos de biomassa florestal. Como explicitado pela Figura 2, em relação a forma de aproveitamento dos resíduos, a maior parte - 47,4 t (40,69%), foi destinada para queima direta de aparas/retalhos e casqueiros de madeira maciça aproveitados em setores da UFV e principalmente externos a Universidade. A forração de cama animal com resíduos de serragem e maravalha de madeira maciça correspondeu a parcela de 35,4 t (30,32%), encaminhada majoritariamente aos setores de criação animal e também laboratórios para experimento. Outras formas de valorização registradas foram a destinação à área de pesquisa na instituição, como compostagem, carbonização, produção de briquetes, torrefação, dentre outros, que somados, totalizaram 10,8 t (9,25%).

Os desafios e oportunidades em relação ao gerenciamento e disposição final de resíduos sólidos da indústria moveleira podem ser alinhados e contribuir com a expansão da economia circular, além de indicar um potencial de fortalecimento das relações do setor industrial (OLIVEIRA, FRANÇA e RANGEL, 2017). As práticas de doação, venda e reaproveitamento de resíduos de madeira e derivados são comumente adotadas em diferentes portes e segmentos da indústria moveleira. A queima direta ou destinação para caldeiras e olarias, assim como observado por Mafessoni (2012) e Kravchenko, Pasqualetto e Ferreira (2016), foram as destinações finais mais recorrentes, tal como este estudo.

Embora os resíduos de painéis de madeira tenham menor demanda e limitações de aproveitamento, buscou-se estimular o aproveitamento interno, por meio da ressignificação no artesanato. Projetos e iniciativas locais que trabalham com o uso de painéis de madeira foram levantadas, viabilizando o fornecimento do material e a logística de destinação. Com a doação de painéis revestidos provenientes da marcenaria da UFV, foi possível realizar cursos de decoupagem em MDF pela Emater, atendendo as comunidades rurais e urbanas da Unidade da Regional de Viçosa-MG, contemplando 64 participantes ao longo do período quantificado. Além deste, outros projetos, instituições e artesãos locais também foram beneficiados com o fornecimento de aparas de painéis de madeira, servindo como incentivo a ocupação humana e complementação de renda.

Cabe pontuar que não houve nenhum tipo de destinação para o pó de MDF/painéis, culminando no seu estoque nos setores. Iniciativas foram desenvolvidas por Côrrea (2004) e Jung *et al.* (2016), a fim de viabilizar o uso do material como compósito e como componente na composição de absorvedores de radiações, respectivamente.

ROTA DE APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS

O consumo dos resíduos, como demonstrado na Figura 2, indica que uma parcela considerável, cerca de 56,6 t (48,57%) não foi consumida e/ou reaproveitada dentro da instituição, referentes ao consumo externo e bota-fora. Boa parte dos resíduos encaminhados externamente foram aparas e casqueiros, destinados em sua maioria para queima e construção de cercas. Uma vez que este material é gerado em grandes volumes pelo processamento de toras de madeira e armazenado na área externa da marcenaria, criou-se o vínculo de recolhimento e ‘limpeza da área’ (não acúmulo interno) por terceiros, geralmente moradores de áreas rurais próximas. Em relação a disposição em bota-fora, materiais inservíveis, como portas, retalhos e adereços de madeira, além de aparas descartadas da construção civil foram empilhados em conjunto na área de estoque de resíduos da carpintaria e por fim aterrados. Boa parte desses resíduos foi encaminhada no mês de dezembro, o que justifica a maior geração de resíduos de painéis de madeira em relação aos de madeira maciça, como demonstrado na Figura 1. O negligenciamento do gerenciamento adequado desses resíduos, como a queima não controlada e a disposição em terrenos baldios, pode gerar danos e passivos ambientais (FARAGE *et al.*, 2013).

Em relação ao que é aproveitado internamente, os nove setores de criação animal foram responsáveis pelo uso de 40 t (34,39%), de serragem e maravalha de madeira maciça, utilizadas para forração de cama animal, compostagem de carcaças de animais e defumação (Apiário). Os setores de Caprinocultura e Bovinocultura de Leite, além de outros setores internos como Hospital Veterinário, necessitam de demanda externa complementar de resíduos para forração animal, compreendendo outros tipos de biomassa além dos resíduos de madeira. Ademais, a medida que é trocada a forração, o composto produzido, após maduro, ainda é reutilizado por outros setores da instituição como adubo, promovendo a recirculação de subprodutos. Em relação aos custos gerais, a economia de gastos com insumos nos setores de consumo durante o período inventariado foi de R\$ 3000 a R\$ 6700.

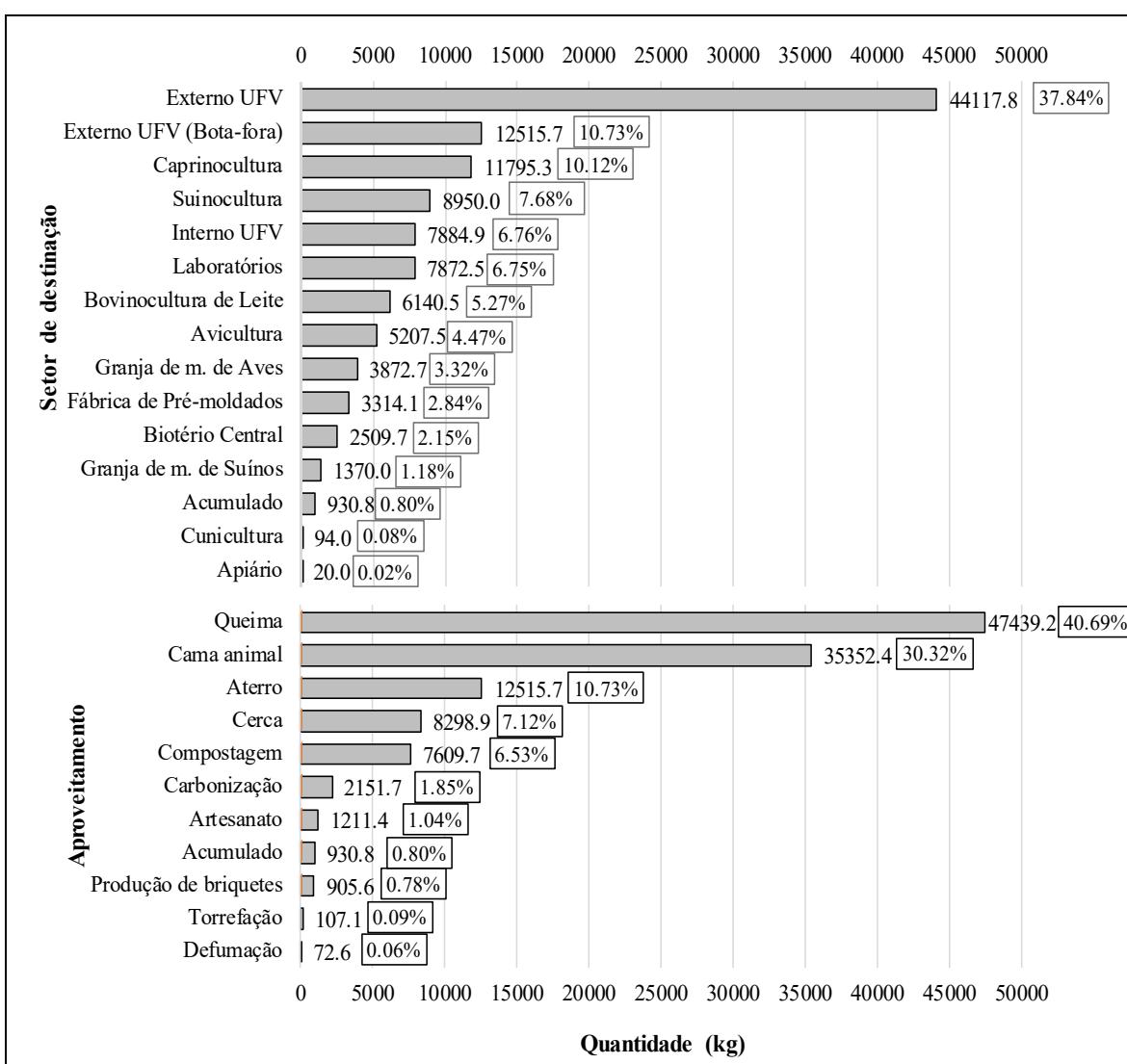


Figura 2: Destinação de resíduos de madeira e derivados de madeira por setor e forma de aproveitamento

CONCLUSÕES

O diagnóstico e o inventário de resíduos lignocelulósicos na UFV em conjunto a implementação da pesquisa-ação foram importantes ferramentas na implementação de adequações nos espaços de produção e no controle logístico. Foi possível otimizar a rota de aproveitamento e valorizar o uso de resíduos, considerando as demandas de consumo locais desse tipo de biomassa.

Destacam-se como aspectos relevantes do estudo: a redução de custos com insumos nos departamentos, mitigação de práticas inadequadas e a reflexão das potencialidades de aproveitamento considerando demandas locais, além do incentivo a implementação de soluções alternativas para demais resíduos gerados no processo produtivo.

O potencial de geração de resíduos de madeira e derivados nas unidades de produção foi de 116,6 t/ano, em sua maioria destinado a queima direta e a compostagem, principalmente os resíduos de madeira maciça. Alternativas para o uso de resíduos de painéis de madeira ainda são limitadas.

RECOMENDAÇÕES

Sabendo-se da composição do material, com o uso de resinas a base de formaldeído, e a necessidade de estudos relacionados ao aproveitamento dos resíduos dos painéis de madeira, faz-se necessário levantar discussões sobre aspectos práticos e legais, que viabilizem o gerenciamento adequado desse material.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONAMA. Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.
2. CONAMA. Resolução CONAMA nº 474, de 06 de abril de 2016. Altera a Resolução CONAMA nº 411, de 6 de maio de 2009, que dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimento volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serraria, e dá outras providências.
3. CÔRREA, G. R. Desenvolvimento, produção e caracterização de compósitos de madeira/plásticos para aplicação na indústria moveleira. 2004. 113 f. Dissertação de mestrado. Redemat, UFOP/CETEC/UEMG, Ouro Preto, 2004.
4. FARAGE, R. M. P; REZENDE, A. A. P.; SILVA, C. M.; NUNES, W. G.; CARNEIRO, A. C. O.; VIEIRA, D. B.; RODRIGUES, C. L. S. Avaliação do Potencial de Aproveitamento Energético dos Resíduos de Madeira e Derivados Gerados em Fábricas do Polo Moveleiro de Ubá – MG. Ciência Florestal, v. 23, n. 1, p. 203-212, 2013.
5. KRAVCHENKO, G. A.; PASQUALETTO, A.; FERREIRA, E. de M. Aplicação de princípios da ecologia industrial nas empresas moveleiras de Goiás. Eng. Sanit. Ambient. [online], 2016, vol. 21, n. 2, p. 283-294. Epub jun. 20, 2016.
6. JUNG, C. F. et al. Desenvolvimento de Absorvedores de Radiações Eletromagnéticas a partir de Resíduos de Indústrias Alimentícias e Moveleiras. Revista *Espacios*. 2016, vol. 37, n. 26, p. 22. ISSN 0798-1015.
7. MAFFESSONI, D. Análise da situação ambiental das indústrias do polo moveleiro de Bento Gonçalves. 2012. 102 f. Dissertação (Mestrado), PPGEM, UFRGS, Porto Alegre - RS, 2012.
8. NASCIMENTO, N. C. Geração de resíduos sólidos em uma indústria de móveis de médio porte. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP, Tecnologia ambiental. Ribeirão Preto, 2009.
9. OLIVEIRA, F. R.; FRANÇA, S. L. B., RANGEL, L. A. D. *Challenges and opportunities in a circular economy for a local productive arrangement of furniture in Brazil. Resources, Conservation & Recycling*, 2017.