

Relatório final
Iniciação Científica

Faculdade de Tecnologia José Crespo Gonzáles

DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DE VASSOURA POLIMÉRICA

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Sgarbi Rossino

Coorientador: Prof. Carlos Eduardo Correa.

Aluna: Camila Fernanda Gomes

RESUMO

A seleção dos materiais envolvidos nesse projeto de protótipo de vassoura polimérica foram definidos através das propriedades exigidas pelo produto final. Como existem diversos materiais poliméricos com diferentes propriedades, foi necessário realizar uma espécie de exclusão para então definir o polímero mais adequado para cada componente. Devido a boa resistência química e mecânica o polietileno de alta densidade seria o mais adequado para extrusão do cabo, sendo reforçado com resíduos de madeira para contribuição com meio ambiente, além de proporcionar melhores propriedades e também excelente acabamento superficial, dispensando qualquer tipo de pintura. Já a base será feita através de impressora 3D, sendo que o material a ser utilizado varia de acordo com o modelo da impressora, mas se futuramente for viável fazer esse componente através de injeção o material mais adequado também seria o polietileno de alta densidade. As cerdas serão produzidas através do PET reciclado, visando contribuir com a preservação do meio ambiente diminuindo a poluição causada pelo descarte incorreto desses materiais.

Palavras-chave: seleção de materiais, vassoura polimérica, propriedades, produto final.

Sumário

1. Introdução.....	4
2. Objetivo	6
3. Materiais e métodos.....	6
4. Resultados e discussão.....	7
4.1 Cabo da vassoura	7
4.2 Base da vassoura.....	12
4.3 Cerdas da vassoura	13
5. Conclusão	14
4. Referências	15

1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais os materiais poliméricos vêm ganhando espaço no mercado, muitas vezes substituindo os materiais tradicionalmente utilizados em diversas aplicações. Essa substituição se deve principalmente pela característica do material polimérico apresentar um balanço de boas propriedades e custo benefício, sendo que uma de suas principais características é sua extrema leveza quando comparado à outros materiais. [2]

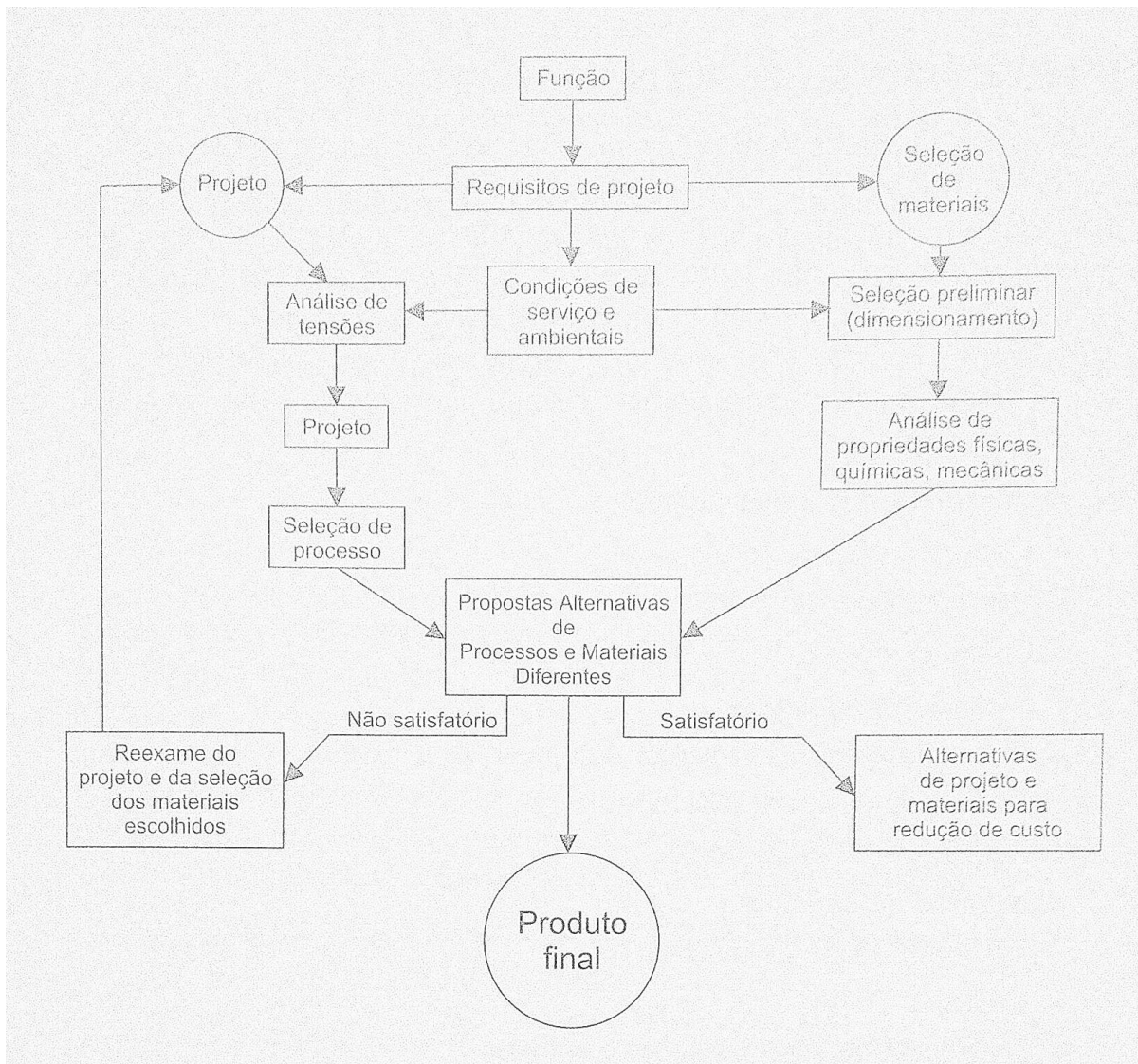
Atualmente existe uma infinidade de tipos de polímeros no mercado, cada material possui diferentes propriedades e sua aplicação é determinada de acordo com as propriedades exigidas para aquele produto específico. De maneira geral os materiais poliméricos podem ser classificados em elastômeros, termofixos e termoplásticos. Nas indústrias, os termoplásticos são classificados como plásticos de engenharia que é quando o material possui alto custo, propriedades e aplicações específicas; ou commodities, devido à grande produção, aplicação e baixo custo dos materiais. [15]

Qualquer produto, independentemente de sua aplicação, necessita de um projeto antes de ser produzido e uma das etapas iniciais desse projeto é a seleção dos materiais nele envolvidos, essa seleção é determinante para a criação do projeto até a análise de desempenho do produto final. É necessário também interagir fases do projeto em nível de materiais até em processos de fabricação para que se faça a escolha do material adequado para tal aplicação, desde sua fabricação até sua atuação em campo. Na figura 1 é possível verificar essa interação que a seleção de matérias teoricamente engloba, podemos analisar que essa interação é desde a criação do projeto até mesmo a análise das propriedades físicas, químicas e mecânicas exigidas pelo produto final. [3]

O objetivo desse trabalho é o aprimoramento de um produto já existente no mercado, a vassoura doméstica, que na maioria das vezes é produzida a partir de madeira ou aço, materiais esses que trazem algumas desvantagens como empenamento e corrosão, por exemplo. Com isso, o intuito é apresentar possíveis melhorias de diversas características utilizando somente material polimérico em toda a estrutura da vassoura, que vai desde o cabo até suas cerdas. Melhorias tais como:

cabo com boa resistência mecânica, encaixe que proporcione melhor fixação entre o cabo e a base e cerdas que não se deformem, mas que ao mesmo tempo sejam resistentes ao desgaste. A fabricação de tal produto deve ser economicamente viável, desta forma, as cerdas da vassoura serão produzidas a partir de plásticos reciclados, reduzindo assim o custo de produção e contribuindo para a conservação ambiental.

Figura 1. Natureza interativa do processo de viabilização de um produto (FERRANTE, M. 2009).



2. OBJETIVO

Esse projeto tem como objetivo definir os materiais poliméricos adequados para o aprimoramento da vassoura doméstica, esses materiais deverão corresponder às propriedades e características que o produto final necessita que nesse caso seja: boa resistência mecânica, resistência às intempéries e resistência ao desgaste, além de auxiliar com a conservação ambiental a partir da utilização de materiais reciclados

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A seleção de materiais desse projeto será feita com base nos produtos já existentes no mercado, buscando sempre um material com propriedades superiores. Por exemplo, em relação ao cabo de alumínio, iremos buscar um material que não sofra oxidação, ou também, em relação à madeira, buscando um material que não sofra tantas perdas de propriedades sob a ação de agentes químicos e do meio ambiente.

O método de seleção de materiais envolve múltiplos critérios essenciais para um projeto, que, quando definidos individualmente trazem alternativas de escolhas bastante simples, mas na prática quase sempre levam a situações na qual um conjunto de critérios conflitantes deve ser satisfeito simultaneamente. A partir disso há uma necessidade de procedimentos de interação e otimização entre tais critérios. Os critérios mais relevantes são: considerações dimensionais, considerações de forma, considerações de peso, considerações de resistência mecânica, resistência ao desgaste, conhecimento das variáveis de operação, facilidade de fabricação, requisitos de durabilidade, número de unidades, disponibilidade de material, custo, existência de especificações e códigos, viabilidade de reciclagem, valor de sucata, grau de normalização e tipo de carregamento. [3]

Nesse projeto de protótipo de vassoura polimérica o método de fabricação do cabo da vassoura será a extrusão, a base onde serão introduzidas as cerdas será feita através de uma impressora 3D e as cerdas serão produzidas a partir de garrafas PET's recicladas. A partir dessa informação devem-se analisar os critérios

para a seleção dos materiais de acordo com o processo de fabricação de cada componente, e então por meio de eliminação selecionar os materiais mais adequados que apresentem as propriedades desejadas do produto final, levando também em consideração o custo desse material.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cabo da vassoura

A vassoura é um produto de utilidade doméstica utilizada mundialmente, ela é composta basicamente pelo cabo, base e cerdas. No Brasil, na maioria das vezes o cabo desse produto é fabricado a partir de madeira ou alumínio, materiais esses que possui certas desvantagens em relação ao seu uso, pois esse produto normalmente é armazenado em locais que ficam sobre constante exposição à luz solar, umidade, intempéries e produtos químicos.

A madeira é o material mais utilizado para fabricação de cabo de vassouras, principalmente devido à grande oferta de matéria prima que o território brasileiro apresenta. Esse material apresenta diferentes propriedades de acordo com a espécie da madeira utilizada, existindo madeiras mais nobres que são mais caras e as menos nobres que são mais baratas [6]. Na Tabela 1 podemos observar algumas propriedades da madeira de eucalipto, que é bastante utilizada por apresentar boas propriedades e baixo custo [13].

Tabela 1. Propriedades mecânicas da madeira de eucalipto (teor de umidade: 12%) [6].

Propriedades mecânicas	Valor (MPa)
Compressão	55,5 (6,54)
Cisalhamento	10,2 (0,65)
Resistência à tração	84,5 (23,85)
Resistência à flexão	78,0 (15,65)

A principal desvantagem de utilizar a madeira para este tipo de produto é que o mau uso ou a intensa exposição a fatores ambientais, como chuva e sol, podem

fazê-lo empenar ou causar rachaduras e até mesmo quebrar o produto como pode ser observado na Figura 2. Também cupins, fungos e outros insetos se alojam no interior das madeiras e depositam certas substâncias químicas que provocam a sua decomposição, quando isso ocorre ao fim de dois ou três anos, as madeiras apodrecem [21].

Figura 2. Cabo de madeira danificado [12].



Além de madeira, cabos metálicos também são utilizados. O material mais utilizado para este tipo de produto é o alumínio, que se caracteriza principalmente devido a sua leveza, porém pode oxidar ao longo do tempo quando exposto a determinados produtos químicos, como pode ser observado na Figura 3, e quebrar durante o uso, favorecendo a ocorrência de acidentes domésticos, além de encarecerem o produto final. Esse material apresenta excelentes propriedades mecânicas como pode ser observado na Tabela 2, esses valores podem variar de acordo com a liga utilizada.

Tabela 2. Propriedades mecânicas do alumínio [20].

Propriedades mecânicas	Valor (MPa)
Módulo de elasticidade	72000
Módulo de rigidez	27500
Resistência à tração	170
Limite de escoamento	65

Figura 3. Cabo metálico enferrujado [11].



Uma alternativa a esses materiais comumente utilizados é o polímero, pois ele pode atender perfeitamente as propriedades e características exigidas pelo produto, que são principalmente: resistência química e mecânica, resistência à fadiga, resistência a intempéries, leveza e baixo custo. Existem diversos tipos de polímeros disponível no mercado, mas nesse caso seria interessante a utilização de commodities, já que o produto é de uso doméstico e deve apresentar baixo custo.

Os commodities mais consumidos são os poliestirenos (PS), policloreto de vinila (PVC), polipropilenos (PP) e polietilenos (PE). A partir disso faz-se necessário uma seleção de critérios para definir o material ideal para o produto, lembrando-se

que o processo de fabricação desse componente será a extrusão e o mesmo deve apresentar as propriedades já citadas anteriormente [15].

O poliestireno (PS) se caracteriza principalmente devido à sua alta transparência, além disso possui baixo custo, fácil processamento, fácil coloração, baixa resistência ao impacto, baixa resistência a intempéries. Contudo, apresenta empregabilidade restrita devido à sua baixa resistência mecânica e à solventes químicos, apesar dessas características ele pode ser aditivado com lubrificantes e estabilizantes para se obter a propriedade desejada, porém acaba elevando o preço do produto final. Diante dessas características podemos deduzir que esse material não seria adequado para ser utilizado na fabricação do cabo de vassoura, devido às suas características de baixa resistência mecânica e à solventes químicos [17].

O PVC (policloreto de vinila) é um material totalmente atóxico e inerte que apresenta alta resistência química, resistência à ação de fungos, bactérias e insetos, bom isolamento térmico elétrico e acústico, impermeabilidade e longa vida útil [14]. O grande problema é a abrasividade que o PVC causa aos equipamentos durante seu processamento, muitas vezes são necessários equipamentos com boa qualidade mecânica com tratamento de nitretação nas partes internas (roscas e paredes do cilindro de extrusão) para evitar a corrosão [1]. Esse equipamento exigido possui um alto custo, o que acaba inviabilizando a utilização desse material para o protótipo de cabo de vassoura polimérica.

O polipropileno (PP) é uma poliolefina bastante utilizada devido ao seu fácil processamento e baixo custo, esse material também apresenta elevada resistência química, alta resistência à fratura por flexão, boa resistência ao impacto e baixa absorção de umidade. Porém o polipropileno possui baixa resistência à intempéries e sensibilidade à raios UV e agentes oxidantes, ou seja, quando as peças são expostas ao sol ficarão manchadas e provavelmente haverá uma perda de propriedades, sendo assim, não é o material mais indicado para o produto em questão [19].

Existem diferentes tipos de polietileno (PE) disponíveis no mercado, dentre eles os principais são: o polietileno de baixa densidade que se caracteriza por ter boa resistência ao impacto, ser flexível e transparente, que é bastante utilizado na fabricação de filmes, sacolas e embalagens transparentes. E o polietileno de alta

densidade que possui excelente resistência química, alta resistência ao impacto e mecânica e baixo custo [18].

Diante da seleção de critérios de propriedades que o produto final deve apresentar, o polietileno de alta densidade é o material polimérico que mais se encaixa nos requisitos para a fabricação do cabo do protótipo da vassoura polimérica. É importante destacar que para tal fabricação, muitas vezes é necessário o uso de aditivos e estabilizantes para potencializar as propriedades almeçadas do material.

O foco desse projeto é desenvolver uma vassoura totalmente polimérica com componentes mais resistentes de alta durabilidade. A partir disso podemos destacar a possibilidade da aplicação de um material compósito polimérico para fabricação do cabo da vassoura, pois através da utilização do compósito polimérico é possível obter combinações de propriedades de diferentes materiais, que irão resultar em um material com propriedades superiores à de seus componentes individuais [5].

Com o enfoque de preservação ambiental através da utilização de materiais reciclados, torna-se viável utilizar resíduos de madeira para a fabricação do cabo de vassoura, até mesmo porque o material compósito plástico-madeira apresenta acabamento idêntico à madeira natural, o que descarta a necessidade de utilizar corantes ou acabamentos superficiais.

Há um extenso acervo bibliográfico sobre estudos que envolvem o PEAD com resíduos de madeira, apresentando as propriedades desse compósito em comparação ao polímero puro e à madeira natural. De maneira geral as propriedades mecânicas dos compósitos termoplásticos reforçados com “resíduos” de madeira tendem a ser inferiores às da madeira in natura. Entretanto, ganhos com a adição de madeira em compósitos, em relação às matrizes termoplásticas puras, são significativos, como pode ser observado na Tabela 3 [4]. É importante destacar que esses valores variam de acordo com a espécie de madeira empregada, a porcentagem de resíduos utilizados e também o tipo e teor de agente compatibilizante adicionado ao compósito.

Tabela 3. Propriedades do PEAD puro e o compósito de PEAD/resíduos de madeira (65%) [4].

Propriedades (MPa)	PEAD puro	Compósito PEAD/ resíduos de madeira (65%)
Resistência à tração	24 ± 7,0	28,6 ± 0,4
Módulo de elasticidade à tração	732,45 ± 90,6	2500,0 ± 100,0
Resistência à flexão	18,6 ± 0,2	37,1 ± 2,0
Módulo de elasticidade à flexão	793,7 ± 17,3	2700,0 ± 100,0

Sendo assim o polietileno de alta densidade reforçado com resíduos de madeira é o material mais adequado para a fabricação do cabo de vassoura, devido ao balanço de boas propriedades e custo benefício, além de ter um apelo ambiental.

4.2 Base da vassoura

Geralmente a base das vassouras são feitas a partir de materiais poliméricos ou madeira, sendo que o material metálico é mais incomum na fabricação desse componente. Neste trabalho foi desenvolvido um modelo de base baseado nos produtos já existentes no mercado, nas Figuras 4, 5 e 6 pode-se avaliar o projeto do protótipo desse componente para a vassoura polimérica e outros produtos disponíveis no mercado.

Figura 4. Protótipo de base da vassoura polimérica. Fonte própria.

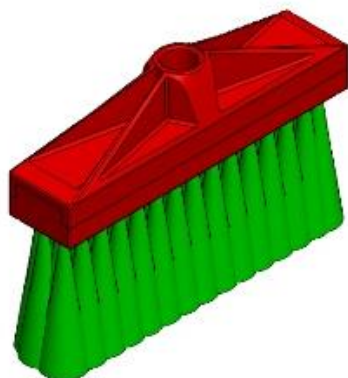


Figura 5. Base de vassoura feita em polímero [10].



Figura 6. Base de vassoura feita em madeira [9].



Nesse projeto a base será fabricada através de uma impressora 3D, devido ao seu detalhamento e a dificuldade de produzi-la a partir da injeção. Sendo assim o material aplicado será de acordo com a impressora utilizada, já que cada modelo deste tipo de impressora utiliza um material polimérico diferente. Entretanto, se durante o desenvolvimento do projeto seja viável a injeção desse componente, o material mais indicado seria o PEAD, devido à sua alta resistência química, já que esse componente da vassoura ficará mais em contato com produtos químicos do que o próprio cabo.

4.3 Cerdas da vassoura

As cerdas da vassoura nesse protótipo serão feitas a partir de garrafas PET recicladas. Sua fabricação é bastante simples, primeiramente o material é limpo, passa por uma filetagem, vai para forno e logo após é dado o choque térmico com água gelada [8]. Esse processo simples faz com o que o custo seja extremamente baixo e também não há perdas significativas das propriedades do material.

O poli (tereftalato de etileno) (PET) possui alta resistência mecânica e térmica, boa resistência ao impacto, é quimicamente inerte, possui excelente propriedade de barreira à gases e odores e baixo custo [16]. Além disso o PET é um dos polímeros mais reciclados no Brasil, o que facilita a procura de matéria prima para o produto em questão.

5. CONCLUSÃO

Com a seleção de materiais realizada com base nas propriedades que o produto final deve apresentar, o material polimérico mais adequado para atender tais propriedades seria o polietileno de alta densidade, tanto na fabricação do cabo quanto da base, sendo que o cabo poderá ser reforçado com resíduos de madeira, apresentando melhores propriedades. Para as cerdas serão utilizadas PET, esse material apresenta balanço de boas propriedades e baixo custo, além de contribuir com despoluição ambiental por ser reciclado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - Ana, M. P.; Miguel, B. N.; Hélio W. A reciclagem de PVC do Brasil, Polímeros: Ciência e Tecnologia - Out/Dez – 1999.
- 2 - Canevarolo, Sebastião. Ciência dos polímeros: Um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 3ª edição. São Paulo: Artliber Editora, 2010.
- 3 - Ferrante, Maurizio. Seleção de materiais. 2ª Ed. São Carlos: EdUFSCar 2009.
- 4 - Hillig, E.; Iwakiri, S.; Andrade, M. Z.. Zattera, A. J. - Caracterização de Compósitos Produzidos com Polietileno de Alta Densidade (HDPE) e Serragem da Indústria Moveleira, R. Árvore, Viçosa-MG, v.32, n.2, p.299-310, 2008.
- 5 - Marinucci, Gerson. Materiais e Compósitos Poliméricos. São Paulo: Artliber Editora, 2011.
- 6 - Moisés, S. L.; Ricardo M. D. L.; Márcio S. S. M.; Adriana G. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades, R. Árvore, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.889-894, 2004.
- 7 - Panthapulakkal, S.; Mohini, S. - Agro-residue reinforced high-density polyethylene composites: Fiber characterization and analysis of composite properties, Composites: Part A 38 (2007) 1445–1454.
- 8 - A produção de vassouras de garrafa PET, disponível em: <http://www.saladvisita.com.br/noticia.php?id=297&a-producao-de-vassouras-de-garrafas-pet> (acesso em 18/01/2016)
- 9 - Base de vassoura em madeira, disponível em: <http://www.construvolts.com.br/produtos/4263.jpg> (acesso em 16/01/2016)
- 10 - Base de vassoura em plástico, disponível em: http://www.vassouraspets.com.br/administracao/fotos/dados_basicos_grande/20110729_151206.jpg (acesso em 16/01/2016)
- 11 - Cabo de vassoura em alumínio, disponível em: http://www.opportuna.com.br/img/produtos/custobene_2007124161941.jpg (acesso em 16/01/2016)

- 12 - Cabo de vassoura em madeira, disponível em:
<http://pib.socioambiental.org/pt/noticias?id=69153> (acesso em 16/01/2016)
- 13 - Eucalipto: a madeira nobre e sustentável disponível em:
<http://www.painelflorestal.com.br/artigos/eucalipto-a-madeira-nobre-e-sustentavel>
(acesso em 16/01/2016)
- 14 - O PVC e o meio ambiente, disponível em:
<http://www.institutodopvc.org/reciclagem/basetxt.htm> (acesso em 14/01/2016)
- 15 - Os plásticos, disponível em: <http://www.abiplast.org.br/site/os-plasticos> (acesso em 10/01/2016)
- 16 - Poli (tereftalato de etileno) (PET), disponível em:
<http://www.tudosobreplasticos.com/materiais/pet.asp> (acesso em 15/01/2016)
- 17 – Poliestireno, disponível em:
<http://www.tudosobreplasticos.com/materiais/poliestireno.asp> (acesso em 15/01/2016)
- 18 – Polietileno, disponível em:
<http://www.tudosobreplasticos.com/materiais/polietileno.asp> (acesso em 15/01/2016)
- 19 – Polipropileno, disponível em:
<http://www.tudosobreplasticos.com/materiais/polipropileno.asp> (acesso em 15/01/2016)
- 20 - Propriedades do alumínio, disponível em:
<http://www.ggdmetals.com.br/cat/aluminio.pdf> (acesso em 13/01/2016)
- 21 - Tratamento de madeira, disponível em:
<http://meioseculodeaprendizagens.blogspot.com.br/2013/01/tratamento-de-madeira-para-cercas.html> (acesso em 10/01/2016)