

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE RESÍDUOS GERADOS NA RECICLAGEM DE PAPEL E PAPELÃO ONDULADO

RIBEIRO, Gabriel Pereira da Costa¹

Faculdades Integradas Maria Imaculada – FIMI
gabriel_ribeiro77@hotmail.com

MACEDO, Fábio Aparecido Costa²

Faculdades Integradas Maria Imaculada – FIMI
facm8882@hotmail.com

VIEIRA, Marcelo Caetano³

Faculdade de Tecnologia de Mogi Mirim – Fatec Mogi Mirim
Faculdades Integradas Maria Imaculada – FIMI
marcelo.vieira@fatec.sp.gov.br

JESUS, Rodolfo Cardoso de⁴

Faculdades Integradas Maria Imaculada – FIMI
rodolfocardoso@gmail.com

GIRALDI, André Luis Ferrari de Moura⁵

Faculdade de Tecnologia de Mogi Mirim – Fatec Mogi Mirim
Faculdades Integradas Maria Imaculada – FIMI
andreluisgiraldi@gmail.com

¹ Gabriel Pereira da Costa Ribeiro, Técnico em Química pelo Colégio Integrado São Francisco Mogi-Guaçu S.P. Graduando em Química Industrial Bacharel pelas Faculdades Integradas Maria Imaculada.

² Fábio Aparecido Costa Macedo, Técnico em Química pelo Colégio Integrado São Francisco Mogi-Guaçu S.P. Graduando em Química Industrial Bacharel pelas Faculdades Integradas Maria Imaculada.

³ Marcelo Caetano Vieira, Tecnólogo em Projetos Mecânicos pela FATEC Arthur de Azevedo (2011), na Faculdade Pública de Mogi Mirim, Mestrado em Engenharia Mecânica na Universidade Estadual de Campinas, área de Materiais e Processos de Fabricação, atualmente é auxiliar docente na FATEC Mogi Mirim.

⁴ Rodolfo Cardoso de Jesus, Bacharel em Química pela Universidade Estadual de Campinas, Mestre em Engenharia Química pela mesma instituição, Doutorando Engenharia Química na mesma Universidade. Experiência em síntese, caracterização e formulação de compostos termoplásticos e elastômeros, Com foco em compostos biodegradáveis, biocompatíveis e compostos termoplásticos isolantes para redes de alta tensão.

⁵ André Luis Ferrari de Moura Giraldi, Graduado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Uberlândia, Mestrado e Doutorado pela Universidade Estadual de Campinas (2008), na área de concentração, ciência e tecnologia de materiais. Experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em polímeros, compostos e nanocompósitos poliméricos.

RESUMO

Nos últimos anos o consumo de papel e papelão ondulado tem aumentado expressivamente. Este aumento no consumo tem gerado grande quantidade de resíduos sólidos provenientes destes materiais. A reciclagem e a coleta seletiva diminuem a quantidade de resíduos a serem lançados nos aterros sanitários. Entretanto, empresas responsáveis pela reciclagem de papéis têm encontrado dificuldades com rejeito produzido por elas. Após a reciclagem, esses resíduos chegam a conter inúmeros materiais, madeira, pedra, pedaços de metais e uma gama de plásticos diferentes, o que dificulta a reciclagem deste material. Este projeto visa o uso desses resíduos de plásticos diversos (misturados), na produção de novos materiais. Tendo como objetivo principal o uso desse resíduo na confecção de corpos-de-prova para verificação e caracterização de suas propriedades mecânicas. As amostras foram submetidas à lavagem para remoção de detritos orgânicos e areia, e feita uma catação para remoção de objetos indesejáveis, em seguida foram secas ao ar livre. Após a secagem, as amostras foram processadas nos moldes no formato de placas, utilizando prensa hidráulica com aquecimento. As placas confeccionadas foram cortadas utilizando facas quentes, no formato de tiras e submetidas a ensaios mecânicos de tração, flexão e microscopia. Os resultados obtidos apresentaram-se abaixo da amostra comercial em termos de tensão de resistência, força máxima e tensão de escoamento. Porém, ambas as amostras apresentaram boa adesão. Entretanto, as propriedades mecânicas dos Resíduos Sólidos Industriais de Reciclagem de Papelão (RSIRP) ainda necessitam de maiores investigações que deverão ser realizadas em trabalhos futuros a fim de promover melhor desempenho.

Palavras-chave: Resíduo Industrial. Aparas. Reciclagem. Polímero.

1 INTRODUÇÃO

O impacto causado ao meio ambiente pelos rejeitos e resíduos

oriundos do modo de vida da sociedade contemporânea tem despertado grande preocupação com o futuro do planeta. O destino final do lixo é função de toda a sociedade e não apenas do poder público, ideia essa que torna imprescindível a conscientização ambiental para melhor preservação dos recursos naturais (RIBEIRO; ROSIS FILHO, 2008).

Com o aumento do poder aquisitivo da população, houve um aumento do consumo de produtos industrializados, conseqüentemente um aumento exponencial da quantidade de resíduos. Dados indicam que uma pessoa produz aproximadamente 5 kg de lixo semanalmente e que no Brasil a produção diária de resíduos chega a 240 milhões de toneladas (SANTOS et al., 2010).

Segundo a Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA, 2011), dentre os produtos industrializados a produção de papel no Brasil vem aumentando de ano a ano. Isso tem feito o país uma referência mundial entre os grandes produtores de papel e celulose. Dentre os papéis produzidos destaca-se a produção de papel ondulado (papelão).

Em 2011 o Brasil teve um consumo aparente de papel/papelão de aproximadamente 9,6 milhões de toneladas, deste total foram reciclados 4,4 milhões de toneladas de aparas, resíduo de papel (BRACELPA, 2011).

No entanto, as indústrias de reciclagem de papelão têm gerado resíduos sólidos, composto de uma mistura de matérias diversas como: papel, plásticos misturados, madeiras e metais. Dentre esses materiais, os plásticos misturados apresentam maior dificuldade de reciclagem porque apresentam diversos tipos de polímeros (PP, PVC, PET, etc.), dificultando sua separação. Esse resíduo tem sido encaminhado a aterros sanitários legalizados (WASSERMANN, 2006).

A utilização de material cuja matéria-prima tenha grande impacto na diversidade do meio ambiente e estabilidade, está com os dias contados caso não haja mudanças técnicas e/ou intervenção tecnológica na reciclagem e logística reversa deste tipo de embalagem (RIBEIRO, ROSIS FILHO, 2008). A maioria dos processos para reutilização e reciclagem desse resíduo envolve processos industriais complexos de separação. A separação desses polímeros torna os processos caros e financeiramente inviáveis economicamente (WASSERMANN, 2006).

Com intuito de diminuir o impacto ambiental e reduzir custos no processamento de polímeros misturados, esforços nesses dois sentidos são de grande interesse na resolução desses problemas.

O trabalho tem o intuito de (i) confeccionar corpos-de-prova a partir de resíduos industriais provenientes de uma empresa de reciclagem de

papelão, de (ii) caracterizar mecanicamente os corpos de provas utilizando os ensaios de tração, tensão de resistência, limite de escoamento, flexão e de (iii) analisar a adesão superficial por meio da técnica de microscopia ótica para estudos futuros no sentido de se produzir materiais com esses resíduos industriais reciclados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coletas das amostras

As amostras de resíduos foram obtidas de uma unidade de triagem de uma indústria de fabricação de papel pardo reciclado utilizado para fabricação de papelão ondulado, na empresa Vale do Tambaú, na cidade de Tambaú-SP. Essa unidade de triagem apresenta uma perda percentual alta, por gerar muito material plástico misturado com fibra celulósica e alguns metais.

Os resíduos foram gerados em um desagregador de fibras, através de um *hidrapulper* (hidráulico e mecânico) e passaram, também, por processos auxiliares para retirada de contaminantes dependendo das aparas recicladas (ALEXANDRE, 2012).

De acordo com o método proposto por Alexandre (2012), as amostras foram coletadas manualmente dos desagregadores, em uma única vez, em quantidade suficiente para atender a confecções dos corpos-de-prova.

Figura 1 - Foto da amostra coletada nos desagregadores.



Fonte: Autor, 2014.

2.2 Lavagens das amostras

A lavagem foi realizada em um tanque de fibrocimento (caixa d'água) de 250 litros. Uma peneira foi colocada no interior do tanque a uma altura de 10 cm do fundo, o diâmetro da peneira um pouco menor que o tanque. Esse método adotado seguiu o proposto por Wassermann (2006), no qual as impurezas como pedras, areia e pedaços de papel, precipitam e ficam retidas no fundo.

As amostras foram lavadas com agitação manual por 15 minutos e aguardou-se uma hora, para que todas as impurezas precipitassem. Durante esse processo, ocorreu também a separação do poliestireno expandido (EPS), porção sobrenadante que foi retirada dessa amostra. Já o resíduo de interesse ficou retido na peneira.

2.3 Secagens da amostra

Os métodos adotados para secagem foram seguidos de Wassermann (2006) e as amostras foram secas em estufa Modelo Orion 502, Fanem São Paulo-Brasil no laboratório das Faculdades Integradas Maria Imaculada em temperatura de aproximadamente 60°C por um período de 24 horas. Nessa etapa, foi reduzida significativamente a umidade da amostra e foi necessária a utilização da secagem ao ar livre em temperatura ambiente (25°C), por um período de sete dias para término do processo.

2.4 Moagens dos resíduos

O processo de moagem do resíduo foi realizado em um moinho de facas (6 facas fixas e 6 facas rotativas), com potência de 10HP. Semelhante ao utilizado por Wassermann (2006). Esse resíduo plástico é composto por materiais flexíveis, filmes e embalagens rígidas entre outros polímeros. Após esta etapa, a amostra moída foi encaminhada para a prensa hidráulica a quente. Resíduo moído apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Foto dos resíduos moídos para confeccionar os corpos-de-prova.



Fonte: Autor, 2014.

2.5 Confeções de corpos-de-prova

O método utilizado no processo é similar ao de Cordeiro (2010). As amostras desse resíduo foram processadas em placas no formato de 100 mm de comprimento por 2,5 mm de espessura e 100 mm de largura, sob uma temperatura de 170°C representado na Figura 3. Foram confeccionados sete placas em uma prensa hidráulica Marconi modelo MA 098/A, sob compressão de 175 KN/cm² por 9 minutos na empresa Balestro, situada em Mogi Mirim-SP. Foi feito um resfriamento de 10 min para que a amostra se solidificasse sem perder o formato do prensado na sua superfície e manter boa compactação da placa.

Figura 3 – Foto da amostra formada pelo resíduo prensado (placa).



Fonte: Autor, 2014.

2.6 Ensaio da resistência à tração

Os ensaios de tração mecânica seguiram o modelo de Cordeiro (2010) e foram realizados em um equipamento Computer Controlled Universal Testing Machine, Modelo WDW-100E, com célula de carga de capacidade de 100 kN, precisão de 0,5 Class, Número de série W 06209, com data de produção de 2010-11 pela Time Group Inc., pertencente ao laboratório de ensaios mecânicos da FATEC de Mogi Mirim-SP. Foram confeccionados em corpos-de-prova de 100 mm de comprimento por 12,5 mm de largura e 2,5 mm de espessura. Segundo a American Society For Testing And Materials (ASTM D638-08), foram ensaiados cinco corpos-de-prova, a uma velocidade de 50 mm/min. na temperatura ambiente (25°C) representado na Figura 4.

A deformação foi medida pela posição do barramento móvel, isto é, sem uso de extensômetro e utilizada para medir a tensão de resistência e o limite de escoamento. O corpo-de-prova deve ser preso às garras, ajustando manualmente a altura da barra tracionada, de modo que as garras estejam alinhadas e que não haja nenhuma força atuando na célula de descarga.

Figura 4 – Foto do ensaio de resistência à tração no corpo-de-prova.



Fonte: Autor, 2014.

2.7 Ensaio de flexão

O modelo de Dalfré (2007) foi utilizado como base nos ensaios de tração mecânica. Foram realizados em um equipamento Computer Controlled Universal Testing Machine, Modelo WDW-100E, com célula de carga de capacidade de 100 kN, precisão de 0,5 Class, Número de série W 06209, com data de produção de 2010-11 pela Time Group Inc., pertencente ao laboratório de ensaios mecânicos da FATEC de Mogi Mirim-SP.

Os corpos-de-prova que foram confeccionados com as medidas de 100 mm de comprimento por 12,5 mm de largura e 2,5 mm de espessura, segundo a American Society For Testing And Materials (ASTM D790-10), foram ensaiados cinco corpos-de-prova, a uma velocidade de 50 mm/min. na temperatura ambiente (25°C), representado na Figura 5 e serve como indicação de rigidez do material.

Figura 5 – Foto do ensaio de flexão no corpo-de-prova.



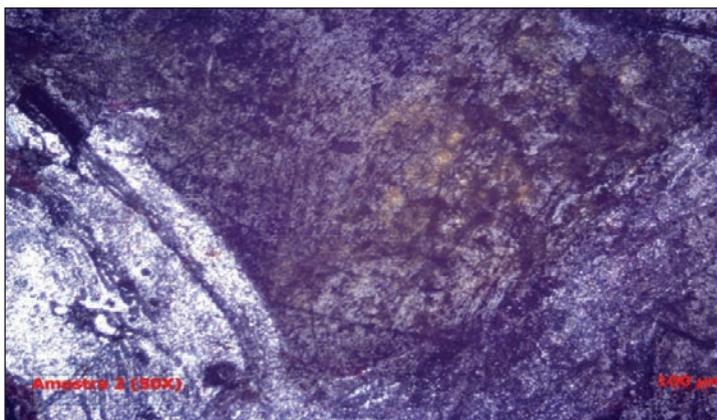
Fonte: Autor, 2014.

2.8 Ensaio de microscopia ótica

A morfologia das amostras foi analisada por microscopia ótica e foi baseada em Wassermann (2006). A técnica de microscopia ótica foi realizada em um equipamento modelo Vert. A1, AX10 Vision 4.8, Marca REL para avaliar a adesão superficial dos corpos-de-prova e como se encontra a superfície, observando incrustações e fissuras. As micrografias foram obtidas com uma ampliação de 50 vezes usando uma interface digital

acoplado ao microscópio que permite analisar grandes áreas, representado na Figura 6.

Figura 6 – Foto do ensaio de microscopia ótica no corpo-de-prova.



Fonte: Autor, 2014.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Preparação das amostras

De acordo com o autor Wassermann (2006), essas lavagens tem o intuito de minimizar as perdas no processo, retirando materiais como EPS e contaminantes que provocariam a fundição da amostra e, conseqüentemente, a perda da mesma.

3.2 Moagem

Apesar das amostras conterem uma grande variedade de plásticos e diversos tipos de polímeros (embalagens plásticas rígidas, embalagem de shampoo, plástico filme, entre outros.), a moagem do material apresentou resultados satisfatórios. Foi obtido material com a granulometria de aproximadamente 10 mm, correspondente ao diâmetro da peneira do moinho de facas. Segundo o autor Wassermann (2006), materiais rígidos como o PVC e PET apresentaram granulometria menor que o diâmetro da peneira. Vale destacar que o mesmo autor descreve que polímeros com granulometria maior que 20 mm dificultam o processo de moagem e consomem muita energia elétrica.

Segundo Wassermann (2006), os corpos-de-prova confeccionados seriam em diferentes temperaturas até que se atingisse uma estabilidade do espagete gerado na estrutura que varia de 140°C a 210°C.

Os ensaios experimentais realizados na prensa aquecedora com os resíduos triturados apresentaram resultados diferentes como segue representados na Tabela 1. Nas temperaturas de 150 e 160°C houve uma baixa adesão, devido a alguns polímeros possuírem ponto de fusão mais elevados (não compactou a resíduo).

Tabela 1 – Confeção das amostras (placas), na prensa hidráulica quente.

Confeção	Temperatura da prensa (°C)	Tempo (minutos)	Temperatura de resfriamento (°C)
1	180	9	25
2	160	9	25
3	170	9	18

Fonte: Autor, 2014.

Já os resíduos, que foram prensados nas temperaturas de 180 e 190°C, apresentaram uma degradação de alguns dos polímeros contidos na amostra, devido ao ponto fusão desses polímeros serem menores. Essas amostras foram descartadas.

A amostra (placa) confeccionada que apresentou melhor resultado de compactação e adesão de superfície dos polímeros foi a confeccionada na temperatura de 170°C. As medidas da granulometria no tamanho de 10 mm aproximadamente contribuíram para que o ensaio experimental adquirisse uma temperatura ideal, evitando assim a degradação das amostras (placas).

3.3 Ensaio de resistência à tração

Na Tabela 2, é apresentada a média de cinco corpos-de-prova das propriedades mecânicas de tensão de resistência e limite de escoamento obtidas pelas amostras das placas dos resíduos sólidos industriais oriundos do processo de reciclagem de papelão (RSIRP) com uma velocidade de ensaio de deformação 50 mm/minuto.

Os resultados na Tabela 2 são apresentados como uma média dos corpos-de-prova de cada placa das propriedades mecânicas dos ensaios de tensão de resistência, limite de escoamento e força máxima. Pode-se observar que a placa comercial (PRELV) apresentou melhores resultados

que as placas de RSIRP, com uma velocidade de ensaio de deformação de 50 mm/min. Porém, ambas apresentaram-se abaixo dos valores médios de um ensaio piloto para a resistência à tração e limite no escoamento para as amostras de poliuretano realizado por Dalfré (2007). Os resultados de tensão de resistência, limite de escoamento e força máxima das placas confeccionadas RSIRP, foram inferiores quando comparados ao autor Dalfré devido à diferença do material, já que o autor utilizou poliuretano (PU) virgem.

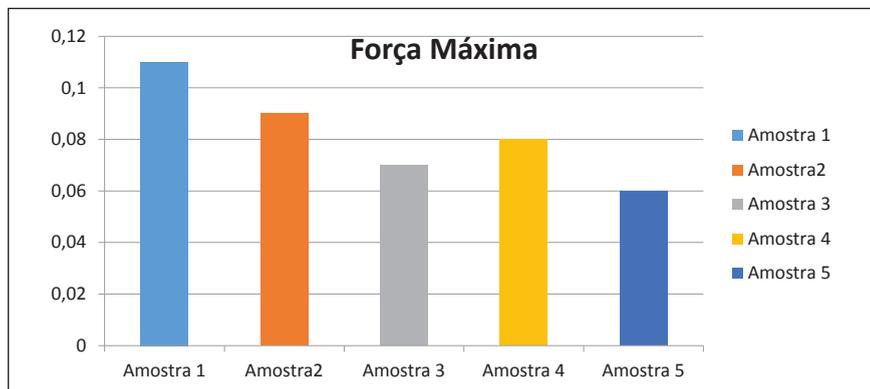
Tabela 2 – Propriedades mecânicas de tração das amostras (placas) do RSIRP.

Amostras	Tensão de Resistência (MPa)	Tensão de Escoamento (MPa)	Força Máxima (kN)
Placa 1	2,62 ± 0,58	1,65 ± 0,36	0,08 ± 0,02
Placa 2	1,58 ± 0,37	1,06 ± 0,26	0,05 ± 0,01
Placa 3	2,86 ± 0,35	1,81 ± 0,19	0,09 ± 0,01
Placa comercial	4,39 ± 1,09	3,38 ± 1,07	0,38 ± 0,09
Poliuretano (PU) *	9,40 ± 1,6	9,90 ± 0,60	22,8 ± 1,30

Fonte: Autor, 2014, Dalfré, 2007*.

Na Figura 7, apresentam-se valores obtidos nas análises de tração, em que se mostra a força máxima aplicada em cinco corpos-de-prova da placa 1.

Figura 7 - Valores obtido na análise de tração na **Placa 1**.



Fonte: Autor, 2014.

Os valores dos cinco corpos-de-prova demonstrados na Figura 2 variaram devido à mistura de vários polímeros no RSIRP. Os valores apresentados na Figura 2 representaram uma diferença devido ao teor e composição dos polímeros não serem constantes na dimensão das placas de RSIRP.

3.4 Ensaio de flexão

Na Tabela 3, apresentam-se valores de propriedades mecânicas de flexão aplicados em três corpos-de-prova da placa 4.

Tabela 3 – Propriedades mecânicas de flexão das amostras oriundas do RSIRP.

Amostras	Tensão de Elasticidade (MPa)	Força Máxima (kN)	Tensão de Flexão (MPa)
RSIRP	189821,6 ± 0,57	27,6 ± 1,70	0,0461 ± 0,003
Poliuretano (PU) *	371,5 ± 23,5	42,5 ± 3,3	0,130 ± 0,8

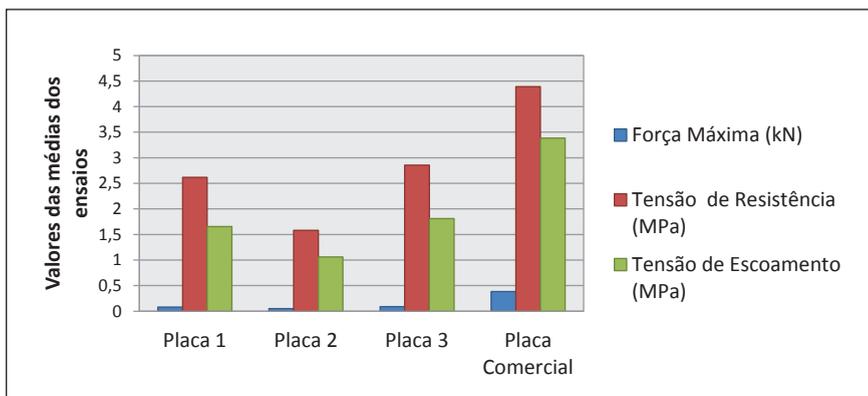
Fonte: Autor, 2014, Dalfré, 2007*.

Durante a realização dos testes, observou-se que não houve ruptura dos corpos-de-prova da placa de RSIRP, e esses foram interrompidos quando se atingiu o deslocamento de 40,00 mm. Os valores dos ensaios de força máxima e tensão de flexão ficaram bem abaixo do ensaio experimental do poliuretano (PU) virgem realizado pelo autor Dalfré (2007). No entanto, os ensaiados experimentalmente de módulo de elasticidade dos corpos-de-prova da placa RSIRP, representaram valores bem acima devido o poliuretano ser um material rígido e ter menor elasticidade.

Na Figura 8, são apresentados os resultados de força máxima das placas 1, 2, 3 de RSIRP e da placa comercial PRELV.

Os valores de força máxima, tensão de resistência e limite de escoamento foram diferentes nas quatro placas testadas em decorrência dos diferentes tipos de polímeros existentes na mistura. Porém, os resultados das amostras em geral apresentaram-se proporcionais em termos de tensão de resistência e limite de escoamento nas placas 1, placa 3 e placa comercial, exceto a placa 2 que foi inferior.

Figura 8 – Média dos valores obtidos nos ensaios mecânicos das placas RSIRP e PRLEV.

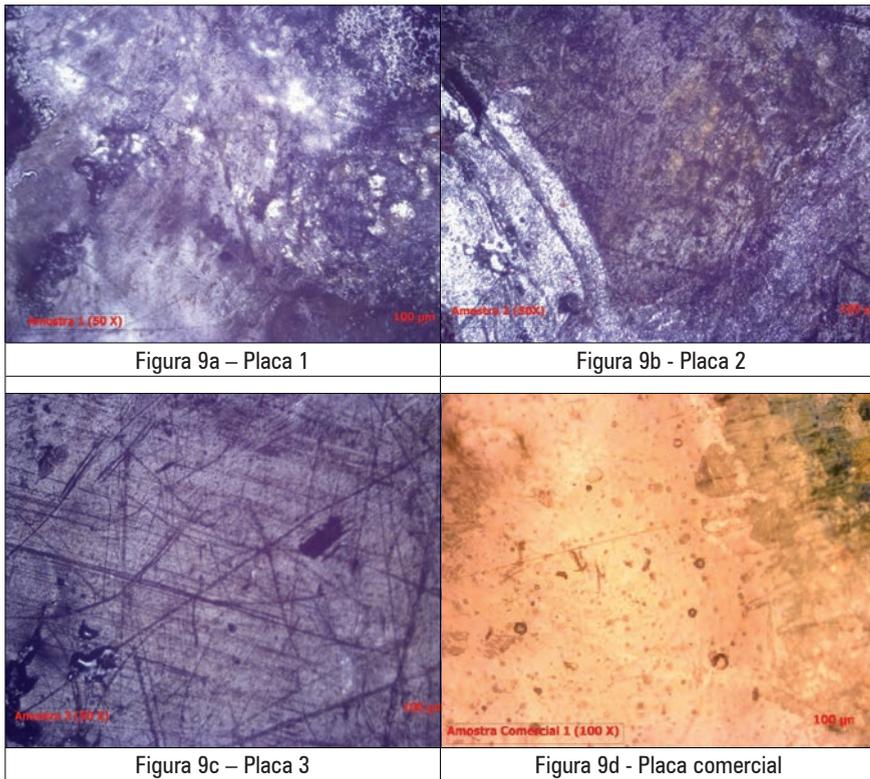


Fonte: Autor, 2014.

3.4 Ensaios de Microscopia Ótica

Na Figura 9, são apresentados o teste de microscopia ótica realizadas nas placas 1, 2, 3 RSIRP e a placa comercial PRELV com ampliação feita no microscópio com interface acoplado (50 vezes) nas amostras feitas com ampliação de 100 vezes apresentaram-se distorcidas. Nas Figuras 9.a, 9.b e 9.c, observaram-se as micrografias obtidas das superfícies das amostras confeccionadas na forma de placas (RSIRP) e comparadas com a amostra existente comercialmente (PRELV) para fabricação de vários materiais.

Figura 9 – Imagens microscópicas das placas RSIRP e da placa comercial PRELV.



Nas Figuras 9.a, 9.b e 9.c (placas RSIRP) apresentou-se uma diferença de tonalidade que está relacionada com a mistura de vários polímeros. Já na Figura 9.d a amostra comercial (PRELV) é composta por apenas um tipo de polímero.

Observou-se que nas Figuras 9.a, 9.b e 9.c apresentou-se boa adesão superficial. Já na Figura 9.d apresentou-se uma adesão melhor que nas outras figuras RSIRP por não conter nenhum tipo de fissura superficial.

5 CONCLUSÕES

O objetivo principal do trabalho foi alcançado, que era de confeccionar um material utilizando apenas resíduos de reciclagem de papelão.

A amostra do produto comercial apresentou melhores resultados nos ensaios mecânicos. A micrografia obtida nos ensaios de microscopia ótica demonstra que as amostras apresentaram uma boa adesão superficial.

O melhor resultado obtido na amostra comercial se deve também ao fato que na sua confecção foi acrescida a resina, o que melhora suas propriedades físicas, mas aumenta o custo de produção.

A análise visual nos corpos-de-prova empregados nos ensaios de tração permitiu observar que todas as fraturas ocorreram na parte superior, provocado pelo acúmulo de tensão em regiões em que existem falhas devido a essas amostras não terem sofrido nenhum tratamento prévio.

As amostras de placas oriundas do RSIRP apresentaram boa adesão superficial quando comparadas com as amostras de PRELV. Entretanto, as propriedades mecânicas do RSIRP ainda necessitam maiores investigações que deverão ser realizadas nos trabalhos futuros a fim de promover um desempenho mais eficaz.

Com as propriedades analisadas e com a aplicação de desenvolvimento tecnológico, causaria um melhoramento da qualidade nesses materiais e, em hipótese, possibilitaria a produção de telhas em alto escala. Essas são sugestões possíveis de trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, G. **Redução do material orgânico do lodo final na fabricação de papel tissue através de otimização do processo.** Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr/dspace/bitstream/handle/1884/28577/R%20-%20D%20-%20GILSON%20ALEXANDRE.pdf?sequence=1>> Acesso em: 26 abr. 2014.

ALMEIDA, R.S.; CAMPOS, J.S.C. **Análise da velocidade de rotação no processo de extrusão de polipropileno e a influência nas propriedades mecânicas.** Departamento de Tecnologia de Polímeros – Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP, Campinas, S.P., Brasil. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.unicamp.br/Document/?code:000783723>> Acesso em: 16 Dez. 2014.

ALVES, I.A.; SANTOS, E.; SILVA, J. **Gerenciamento dos resíduos sólidos: Estudo de caso de uma indústria de papel tissue em Campina Grande-PB.** Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, nº 3, p.051-061. Jun/set. 2012.

ANDRADE, A.M.; DUARTE, A.P.C.; BELGACEM, M.N. **Produto de papeis artesanais das misturas de aparas com fibras virgens de bambu (Dendro-**

calamusgiganteus) e de bagaço de cana-de-açúcar (Saccharumofficinarum). UFRRJ- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Disponível em: <www.floram.org/files/v8nunico/v8nunicoa18.pdf> Acesso em: 15 abr. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL (BRACELPA). **Relatório Estatístico 2011.** Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3263/browse?value=Associa%C3%A7%C3%A3o+Brasileira+de+Celulose+e+Papel%2C+BRACELPA&type=author> Acesso em: 27 Abr. 2014.

ASTM D638-08, Método de Teste Padrão para Propriedades de Tração de plásticos, **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2008. Disponível em: <www.astm.org> Acesso em: 17 nov. 2014.

ASTM D790-10, Métodos de teste padrão para propriedades de flexão de sem reforço e reforçadas Plásticos e de isolamento elétrico Materiais, **ASTM International**, West Conshohocken, PA, 2010. Disponível em: <www.astm.org> Acesso em: 17 nov. 2014.

CORDEIRO, R.P. **Avaliação do processamento de PVDF homopolímero via moldagem por compressão para diferentes condições de resfriamento.** Projeto final de curso – Curso de engenharia de materiais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10003616.pdf>> Acesso em: 25 fev. 2014.

DALFRÉ, G.M. **Cruzetas de polímeros reciclados:** caracterização dos materiais, análise numérica e ensaios de modelos reduzidos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 166 p., São Carlos – SP, 2007, Brasil.

SANTOS, G.P.; ALVES, D.F.; PAIVA, L.S.; NUNES, R.V. **A cadeia de papel/papelão comum e reciclados: uma análise comparativa na indústria de embalagens.** In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 2010, São Carlos, São Paulo, 12-15 out. 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STO_121_788_15572.pdf> Acesso em: 14 abr. 2014.

RIBEIRO, A. M.; ROSIS FILHO, M. **Proposta para o projeto de reciclagem das aparas do papel gráfico da universidade estadual de Londrina.** Londrina, 2008. Disponível em: <http://www.escoladegoverno.pr.gov.br/arquivos/File/artigos/meio_ambiente_e_recursos_hidricos/proposta_para_o_projeto_de_reciclagem_das_aparas_do_papel.pdf> Acesso em 26 fev. 2014.

WASSERMANN, A.I. **Processamento e características mecânicas de resíduos plásticos misturados.** Dissertação (Mestrado em engenharia química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/17360>> Acesso em: 26 fev. 2014.