

UNITAU – UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

ANA TERESA DE SALLES MACHADO

BIODEGRADAÇÃO DA POLIMEROS HIDRO REDUTORES

Monografia apresentada a  
Universidade de Taubaté – UNITAU como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Graduação em Engenharia Ambiental e  
Sanitária, sob orientação do **Prof. Doutor  
Paulo Fortes Neto.**

TAUBATÉ - SP

2019

ANA TERESA DE SALLES MACHADO

BIODEGRADAÇÃO DA POLIMEROS HIDRO REDUTORES

Monografia apresentada a  
Universidade de Taubaté – UNITAU como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Graduação em Engenharia Ambiental e  
Sanitária, sob orientação do Prof. Doutor  
Paulo Fortes Neto.

TAUBATÉ- SP

2019

**Ficha catalográfica elaborada pelo**

**SIBi – Sistema Integrado de  
Bibliotecas / UNITAU**

Machado, Ana Teresa de Salles

M149b Biodegradação da polimeros hidro redutores / Ana Teresa de Salles  
Machado. – Taubaté, 2019.

38 f. il.

Monografia (graduação) - Universidade de Taubaté,  
Departamento de Gestão e Negócios / Eng. Civil e Ambiental,  
2019.

Orientação: Prof. Dr. Paulo Fortes Neto, Departamento de Engenharia  
Civil e Ambiental.

Monografia apresentada como requisito necessário para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária. Qualquer citação atenderá as normas da ética científica.

---

Ana Teresa de Salles Machado

Monografia apresentada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Orientador Prof. Doutor Paulo Fortes Neto

---

1º Examinador: Prof. Leonardo do Nascimento Lopes

---

2º Examinador: Prof. Ademir Morelli

## **AGRADIMENTOS**

Este trabalho de pesquisa é dedicado aos meus pais, que nunca me deixam desanimar não importa a dificuldade e me fazem acreditar todos os dias que eu sou capaz de realizar todos os meus sonhos.

## RESUMO

O mundo tem se voltado para o tema de melhoria tecnológica na gestão de resíduos com o objetivo de diminuir o impacto no meio ambiente, ocasionado pela má gestão na destinação e tratamento destes materiais. O presente trabalho, apresenta análise de degradação do material Poliacrilonitrila em razão do tempo em que este foi inserido no solo. O estudo foi desenvolvido na Fazenda Piloto da Universidade de Taubaté com apoio dos laboratórios de Fitopatologia e de Solos da universidade. A análise foi conduzida por 90 dias em 3 fases. Após estudo, pode-se concluir que o material de poliacrilonitrila tem perda de massa para o solo por agentes decompositores como os fungos das famílias Mucoraceae, Trichocomaceae e Chaetomiaceae, além de apresentar também características absorventes baseado em sua retenção de água ainda que em épocas de seca, possibilitando o encontro de umidade pelas raízes presentes no solo.

Palavras-Chave: Poliacrilonitrila. Polímeros. Fungos decompositores.

## **ABSTRACT**

The world has turned to the theme of technological improvement in waste management in order to reduce the impact on the environment caused by mismanagement in the disposal and treatment of these materials. This paper presents an analysis of the degradation of polyacrylonitrile material due the time it was inserted into the soil. The study took place at the Taubaté University Pilot Farm with support from the university's Phytopathology and Soil laboratories. The analysis was conducted for 90 days in 3 phases. After study, it can be concluded that the polyacrylonitrile material has mass loss to the soil by decomposing fungi agents such as the Mucoraceae, Trichocomaceae and Chaetomiaceae families, allowing moisture to be found by the roots present in the soil.

Keywords: Polyacrylonitrile. Polymers. Decomposing fungi.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>12</b>
3.1 A POLIACRILONITRILA .....	12
<b>3.2 PRODUÇÃO DA FIBRA DE CARBONO A PARTIR DA PAN.....</b>	<b>13</b>
3.2.1 PRODUÇÃO TÊXTIL A PARTIR DA PAN .....	13
3.3 GERAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E O IMPACTO NO MEIO AMBIENTE	14
3.3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	14
3.3.2 A PROBLEMÁTICA DO PLÁSTICO NO MUNDO.....	16
3.4 A DEGRADAÇÃO DO PLÁSTICO NO MEIO AMBIENTE .....	16
3.4.1 COMPOSIÇÃO DA MICROBIOTA DO SOLO.....	16
3.4.2 OS MICROORGANISMOS E A DECOMPOSIÇÃO DE PLÁSTICO .....	17
3.4.3 DECOMPOSIÇÃO DE POLÍMEROS POR FUNGOS.....	18
3.5 RESÍDUOS TÊXTEIS.....	18
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
4.1 LOCAL DO ESTUDO .....	19
4.2 CLIMA .....	19
4.3 AMOSTRAS .....	19
4.3.1 DISPOSIÇÃO DAS AMOSTRAS NO SOLO.....	19
4.4 LITTERBAGS .....	20
4.5 INTERVALO DE ANÁLISES .....	20
4.6 MEIO DE CULTIVO .....	22
4.6.1 PLAQUEAMENTO.....	22
4.6.2 PLAQUEAMENTO SECUNDÁRIO (MEIO DE CULTIVO COM NUTRIENTES)	23

4.6.3 DETERMINAÇÃO DO AGENTE DE DEGRADAÇÃO .....	23
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>25</b>
5.1 ANÁLISE DE PERDA DE MASSA.....	25
5.1.1 ANÁLISE DE 30 DIAS .....	25
5.1.2 ANÁLISE DE 60 DIAS .....	26
5.1.3 ANÁLISE DE 90 DIAS .....	26
5.2 MICROORGANISMOS DO SOLO.....	27
5.2.1 RIZOPOS STOLONIFER.....	28
5.2.2 ASPERGILLUS NIGER .....	30
5.2.3 PENICILLIUM DIGITATUM.....	31
5.2.4 ASCOTRICHA CHARTARUM.....	32
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>36</b>

## 1.INTRODUÇÃO

Atualmente a produção mundial de resíduos de origem sintética, que apresenta maior tempo de decomposição no meio ambiente, tem um enorme volume por ano, esta informação levanta a problemática da destinação de resíduo que a décadas vem ganhando atenção pelo mundo.

Em escala mundial, a produção de resíduos cresce em ritmo superior à capacidade de absorção e ciclagem de matéria prima da natureza. Além do volume elevado de material e a dificuldade de descarte de todo este resíduo, o descarte inadequado colocar em risco a sustentabilidade do planeta e compromete a qualidade de vida e a disponibilidade de recursos para as gerações futuras.

De acordo com o IGTPAN, somente no ano de 2015 o consumo mundial de fibras acrílicas foi estimado em até 1,9 milhões de toneladas. Este alto consumo gera a partir do processo industrial, o resíduo estudado, e abre espaço para diversas outras vertentes nas áreas acadêmicas que estão sendo realizado com o auxílio do instituto. (IGTPAN,2016)

A partir da geração deste resíduo industrial, diversas linhas de pesquisa quanto a aplicação deste material vem surgindo, como sua eficiência na retenção de chorume proveniente da decomposição de lixo orgânico, dentre outros.

A área ambiental atualmente enfrenta uma grande batalha na busca de agentes de degradação para materiais sintéticos, como é o caso da poliacrilonitrila, devido ao grande volume de plástico que é descartado diariamente, muitos deles indo parar em aterros devido a má gestão desses resíduos.

Buscando conhecer e identificar os agentes degradantes do solo sob este material, o presente estudo buscou a partir da análise de amostras de fibra sintética, analisar o tempo de degradação no solo e identificar o fungo consumidor e multiplicador neste material, viabilizando ainda mais sua utilização.O material foi cedido pelo Instituto Granado de Tecnologia da Poliacrilonitrila (IGTPAN).

O estudo uniu os resultados das amostragens ao material didático de apoio presente no site do instituto para definir os resultados esperados.

Durante o intervalo de 90 dias, amostras residuais de Poliacrilonitrila foram inseridas no solo e com o método de litterbags foi possível analisar em 3fases

quanto do material se perdeu para o solo. Dentre as amostras que apresentaram maior perda de massa no estudo, foi selecionada uma para ser inserida em meio de cultivo onde fungos com ação degradante foram identificados.

## **2.OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Mensurar a perda de massa do material de poliacrilonitrila em relação ao tempo enquanto presente no solo e identificar possíveis agentes decompositores do material, permitindo seu uso na agricultura como forma de material de retenção de água, com suas características de hidro redução e sua decomposição natural no solo enquanto resíduo.

### 3.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A POLIACRILONITRILA

Segundo o Instituto Granado de Tecnologia da Poliacrilonitrila, a produção da poliacrilonitrila (PAN) se dá a partir da amoxidação catalítica do propileno (proveniente do craqueamento do petróleo) para assim a obtenção do monômero acrilonitrila, base da produção das fibras sintéticas utilizadas no setor de produção textil(IGTPAN,2013)

As fibras sintéticas como a PAN são um produto resultante da conformação mecânica dos polímeros sintéticos. As fibras sintéticas são obtidas a partir do processo de fiação. (BRITO, 2013)

Dentre diversas características deste polímero, ainda segundo Brito, é importante ressaltar aquelas que o fazem se destacar no mercado quando requerido para fins de absorção:

- Resistente à degradação pela luz solar
- É bastante inerte a maioria dos solventes orgânicos e ácidos, sendo afetado apenas por produtos químicos extremamente básicos.
- Possui fibras que são resistentes à quebra que se expandem em contato com determinados materiais produzindo alto volume, além de macias e isolantes térmicas. Características atrativas para o mercado de tecidos.
- Na forma de fibras, o polímero não funde e mantém sua estrutura morfológica, característica de suma importância quando se considerada sua utilização como isolante de calor, filtração de gases quentes e incorporação em tecidos para combate à chamas.

Além destas propriedades da PAN, O IGTPAN ressalta também sua baixa densidade, estabilidade térmica, alta resistência e módulo de elasticidade, estabilidade a degradação por raios UV, não fundível e resistência química, fazem dela um polímero essencial para aplicações têxteis e de alta tecnologia, características que se assemelham a lã mas que a superam em produção devido a sua origem sintética e também em características termo resistentes(IGTPAN,2016). Esta afirmação é exemplificada por (Plástico Moderno,2009):

O produto resultante da degradação térmica da PAN, geralmente um resíduo preto com elevado teor de carbono, é insolúvel em quase todos os solventes, e em nada lembra o polímero original, um pó branco. Esta propriedade, desfavorável para a conformação termoplástica do polímero, é aproveitada na obtenção de um material de alto valor agregado e tecnológico, conhecido como fibra de carbono. (Plástico Moderno,2009)

### **3.2 PRODUÇÃO DA FIBRA DE CARBONO A PARTIR DA PAN**

De acordo com THOMAS:

A PAN possui um conteúdo de carbono de 67% em massa e um teor de carbono fixo por volta de 45% em massa, o que a torna muito atrativa para a produção de fibras de carbono(apud NOHARA,1998, p.20)

Considerando sua composição e o baixo preço quando comparado com o algodão (também rico em carbono), a fibra sintética de poliácridonitrila é hoje a maior fonte para a produção da fibra de carbono.

As áreas de utilização deste material se dão em segmentos onde haja a necessidade de combinação de alta resistência física, resistência a temperaturas e baixo peso. Atualmente segmentos como aeronáutico, construção civil e equipamentos esportivos de alto nível incorporaram a fibra de carbono produzida a partir da PAN para atingir maior rendimento. (Portal São Francisco,2019).

#### **3.2.1 PRODUÇÃO TÊXTIL A PARTIR DA PAN**

A primeira síntese de produção da PAN se deu em 1930, desde então a fibra tem sido utilizada em maior volume para aplicações têxteis devido a suas características similares a lã. (IGTPAN,2016)

Segundo a Associação Brasileira de Indústria Têxtil (ABIT), os dados gerais do setor têxtil referentes a todo o ano de 2017 demonstram um faturamento da Cadeia Têxtil e de Confecção em US\$ 51,58 bilhões e ainda contou com um investimento de R\$ 3,1 milhões em investimento no setor. Estes dados afirmam o grande crescimento do setor quando comparados ao crescimento em 2016.

Atualmente o Brasil produz em média cerca de 1,3 milhões de toneladas de tecido por ano, empregando cerca de 1,5 milhões de trabalhadores no país, ficando em 4º lugar no ranking mundial de produção e consumo e 2º maior na geração de empregos (ABIT,2017)

Unido a produção de algodão e a produção da indústria têxtil em grande escala, o Brasil se tornou a maior Cadeia Têxtil completa do Ocidente, considerando desde o processo de plantio no caso do algodão, mas também o de produção da fibra acrílica, até as fiações, tecelagens, beneficiamentos e varejo. (ABIT,2017)

### 3.3 GERAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E O IMPACTO NO MEIO AMBIENTE

Toda essa produção em grande escala do mercado de Indústria Têxtil levanta o tema da geração de resíduos também em grande escala. Enquanto a fibra acrílica nos permite a tecnologia em seus ramos de aplicação como a maior durabilidade, diversidade de tipos de tecido, maior resistência no setor aeronáutico e esportivo, a durabilidade desse material torna seu resíduo também durável e de difícil reaproveitamento, abrindo a problemática de sua destinação, mas também uma grande lacuna para os pesquisadores se aprofundarem no tema e encontrarem uma solução para o que hoje é utilizado pelo mundo todo. Segundo um experimento de Browne et al. (2011, p.07):

Experimentos de amostragem de águas residuais de máquinas de lavar domésticas demonstram que um único vestuário pode produzir > 1900 fibras por lavagem. Isso sugere que uma grande proporção de fibras microplásticas encontrados no ambiente marinho podem ser derivados de esgotos como consequência da lavagem de roupas. À medida que a população humana cresce e as pessoas usam mais tecidos sintéticos, a contaminação de habitats e animais por microplástico provavelmente aumentará. (BROWNE,2011, p.07)

#### 3.3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Presente no art. 30 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010) se encontra os termos de responsabilidade compartilhada na geração de resíduos, *in verbis*:

É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante as atribuições e procedimentos previstos nesta seção. Parágrafo único. A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos tem por objetivo:

- I – Compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis;
- II – Promover o aproveitamento de resíduos sólidos, direcionando-os para a sua cadeia produtiva ou para outras cadeias produtivas;
- III – Reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais;
- IV – Incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade;
- V – Estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;
- VI – Propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade;
- VII – incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental (BRASIL,2010, p.28)

Seguindo como base esta política, o tema de responsabilidade compartilhada que abrange os fabricantes de produtos que derivam os resíduos plásticos cria espaço para o investimento em pesquisas de melhores destinações de seus resíduos, principalmente para indústrias de grande porte com volume de rejeito industrial ainda maiores que as pequenas produções. Unido a grande produção de resíduos, há também a responsabilidade de quem produz de promover o reaproveitamento ao máximo possível destes materiais de escória do processo, sendo dentro da própria produção em uma economia circular ou encontrando novas funções, como é o caso do uso de resíduo industrial como material absorvente em outros segmentos na agricultura.

### 3.3.2 A PROBLEMÁTICA DO PLÁSTICO NO MUNDO

Atualmente o Brasil produz mais de 11 milhões de toneladas de lixo plástico por ano, enquanto apenas 1,2% é reciclado. (GALILEU,2019)

A problemática do plástico se dá devido a dois grandes fatores, são eles:

- Utilização de materiais plásticos de uso único, como a sacola plástica de mercado, embrulhos de alimentos etc.
- Vida útil do material plástico, que por possuir ligações muito estáveis entre os átomos, os agentes decompositores presentes no meio ambiente não podem quebra-lo em moléculas menores para decomposição natural do solo.

O plástico de origem sintética é um material relativamente novo no contexto de degradação desenvolvido pelo planeta durante milhões de anos. Além da dificuldade em decompor este material devido a sua composição, a decomposição de materiais no solo ainda encontra outras dificuldades. A editora Abril publicou:

“Na decomposição anaeróbia, sem oxigênio e menos eficiente, os restos são mais complexos, como o gás metano e sulfídrico. Esse trabalho pode demorar um século ou mais. O tempo depende de vários fatores. O calor e a umidade do solo, por exemplo, estimulam o crescimento e a atividade dos microorganismos aeróbios. Assim, quanto mais quente e úmido for o local, mais rápida será a decomposição. Por outro lado, a água e terrenos ácidos, limitam a capacidade de desenvolvimento dos microorganismos. Os ácidos, metais pesados e substâncias tóxicas prejudicam as bactérias, podendo chegar a matá-las. ” (EDITORA ABRIL,2011)

Considerando todos os fatores que são interligados para a degradação de um material de forma natural no meio ambiente, é de se preocupar ainda mais quando esse material apresenta composição não conhecida pelos microorganismos, materiais dos quais estes ainda não foram expostos.

### 3.4 A DEGRADAÇÃO DO PLÁSTICO NO MEIO AMBIENTE

#### 3.4.1 COMPOSIÇÃO DA MICROBIOTA DO SOLO

A composição de microorganismos no solo é considerada um bioindicador de qualidade, além de ser um fator essencial na degradação de materiais. Segundo a revista dia de campo (2010), a importância da microbiota do solo se dá por:

“É enorme a lista de processos (ou serviços ambientais) em que os microrganismos que compõem a microbiota do solo atuam. Alguns deles são tão importantes, que seria impossível pensar em vida no Planeta Terra caso eles não existissem. A própria formação do solo a partir das rochas é um processo que conta com a participação dos microrganismos. Da mesma forma, todos os processos de decomposição de resíduos orgânicos, que resultam na ciclagem dos nutrientes (ciclos biogeoquímicos) e na formação da matéria orgânica com consequente sequestro de carbono também são mediados por microrganismos. Somem-se a estes a biorremediação de poluentes, a degradação de agrotóxicos, a formação das associações micorrízicas entre fungos e plantas e a fixação biológica do nitrogênio (FBN) por bactérias, entre outros.”

### 3.4.2 OS MICROORGANISMOS E A DECOMPOSIÇÃO DE PLÁSTICO

Atualmente diversos estudos são realizados por todo mundo a procura dos agentes de degradação para a problemática da geração de plástico e sua disposição no meio ambiente. O que é conhecido por muitos é que de fato os materiais sintéticos de produção do plástico podem demorar cerca de 200 anos para se decompor na natureza.

Segundo a Revista Mundo Estranho (2018) o motivo pelo qual o plástico requer tanto tempo para se decompor (em comparação com outros materiais) é o fato de sua origem no meio ambiente ser relativamente nova, fazendo com que as bactérias, fungos e outros microrganismos do solo não tenham tido tempo de desenvolver enzimas capazes de degradar este tipo de substância. Ainda segundo a publicação:

“Cada uma de suas moléculas possui centenas de milhares de átomos, principalmente carbono e hidrogênio. Como as ligações entre os átomos são muito estáveis, os decompositores não conseguem quebrar o material em partes menores para destruí-lo. Resultado: alguns tipos de plástico, como o PET, usado em garrafas de refrigerantes, levam mais de 200 anos para desaparecer.”

### 3.4.3 DECOMPOSIÇÃO DE POLÍMEROS POR FUNGOS

Estudos relacionados a decomposição de polímeros sintéticos descrevem a degradação do material por fungos como um dos principais meios para perda de massa deste tipo de compostos em campo, assim como as bactérias. Segundo Zafar (2013), após 60º no período de incubação no solo, fungos tendem a se desenvolver no composto como *Aspergillus*, *Penicillium* e *Thermomyces*, sendo esses apenas alguns dos fungos já encontrados em estudos do gênero.

A decomposição de polímeros sintéticos por fungos pode ser muito específica, variando de um composto para outro, fazendo-se necessário abranger ainda mais os estudos na área.

### 3.5 RESÍDUOS TÊXTEIS

Os meios de degradação da PAN assim como outros plásticos além de complexos ainda não possuem grande efetividade quando se levantada a perda de massa do material para o meio degradante.

A grande geração dos resíduos compostos por fibras sintéticas produzidos pelas indústrias tem levantado o tema da importância da destinação correta deste material, para que o material não se acumule no meio ambiente e também para que sua destinação agregue algum bem ao planeta, a sociedade e a economia.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCAL DO ESTUDO

As análises práticas deste estudo foram realizadas na fazenda experimental do Departamento de Ciências Agrárias da UNITAU (23°02'34"S e 45°31'02"W), numa área de aproximadamente 09 m<sup>2</sup>, com altitude média de 577m, localizado na área rural do município de Taubaté, Estado de São Paulo, Brasil.



Figura 1- Localização do Departamento de agronomia da UNITAU - Fonte: Google (2019)

### 4.2 CLIMA

O estudo das amostras no solo se deu início no dia 25 de março de 2019 e foi finalizado em 25 de julho do mesmo ano, passando pelas estações do Outono e inverno e assim, climas úmidos e secos.

### 4.3 AMOSTRAS

A amostra do estudo foi cedida pelo IGTPAN em formato de placa. A amostra inicial foi separada em 21 amostras com dimensão de 8 por 4 cm.

#### 4.3.1 DISPOSIÇÃO DAS AMOSTRAS NO SOLO

A biodegradabilidade (perda de massa) do polímero no solo foi analisada com uso de litter bags (bolsas de náilon) com malha de 2mm de 15 cm de largura e 20

cm de comprimento contendo placas de poliacrilonitrila. Foram enterradas a 20 cm de profundidade do solo em 3 séries, cada uma com 7 amostras.

#### 4.4 LITTERBAGS

O método emprega o material inserido em saquinhos de tela de náilon de acordo com o tipo de degradação que se pretende avaliar. Foi desenvolvido por Crossley Jr. & Hoglund (1962). O litterbag é uma espécie de bolsa orgânica no interior do solo, que inibe a degradação do material por macrofauna do solo mas permite a ação de microrganismos como bactérias e fungos, permitindo a degradação natural do material

Com o propósito de criar a maior vedação possível para os litterbags, foi utilizado grampos para que fosse possível retirar após a data de amostragem e não danificar o material estudado.



Figura 2- Litterbag antes do estudo - FONTE: Própria (2019)

#### 4.5 INTERVALO DE ANALISES

As amostras contidas nas bolsas foram retiradas nos intervalos de 30, 60, 90 dias após introdução no solo.



Figura 3- Experimento no solo - Fonte: Própria (2019)

#### 4.5.1 ANÁLISE DAS AMOSTRAS PÓS EXPERIMENTO NO SOLO

As bolsas de náilon foram lavadas em água corrente para retirar o excedente de solo e abertas posteriormente para retirar os polímeros.



Figura 4- Amostras pós fase de 30 dias – Fonte: Própria (2019)

O material foi colocado em uma estufa de ventilação forçada a 60 °C por um intervalo de 24 horas de secagem.

Após processo de secagem, o material foi retirado e as amostras pesadas individualmente para medição de peso seco (sem umidade). Este processo teve como objetivo mensurar a taxa de biodegradabilidade a partir da comparação do peso seco antes e depois do período pré-determinado em que o material de estudo esteve enterrado.

## 4.6 MEIO DE CULTIVO

Analisando a perda de massa nas amostras no estudo de campo, uma das amostras que apresentou maior perda (amostra nº 17) foi isolada afim de ser colocada em meio de cultivo sem nutrientes para observar o possível desenvolvimento de fungos e/ou bactérias que se desenvolveram na amostra e possivelmente contribuíram para sua significativa degradação.

### 4.6.1 PLAQUEAMENTO

O meio de cultivo utilizado inicialmente foi a base da solução de ágar e água, com o intuito de desenvolver os possíveis microorganismos presentes no material e diagnosticar a perda de massa por ação dos mesmos. O segundo plaqueamento foi utilizado um meio de cultivo nutritivo, a base de ágar batata dextrose e água.

O preparo das amostras se iniciou com a lavagem das mesmas por 30 segundos em álcool, seguido por uma imersão em hipoclorito de sódio por 2 minutos, considerado atualmente o sanitizante mais utilizado, em função da sua rápida ação, fácil aplicação e completa dissociação em água (Antoniolli, 2005).

Em seguida, as amostras passaram por 5 minutos de secagem e foram divididas em 9 meios de cultivo. Após secagem, as amostras foram plaqueadas e passaram por 7 dias de estabilização em luz para possível desenvolvimento de microorganismos.

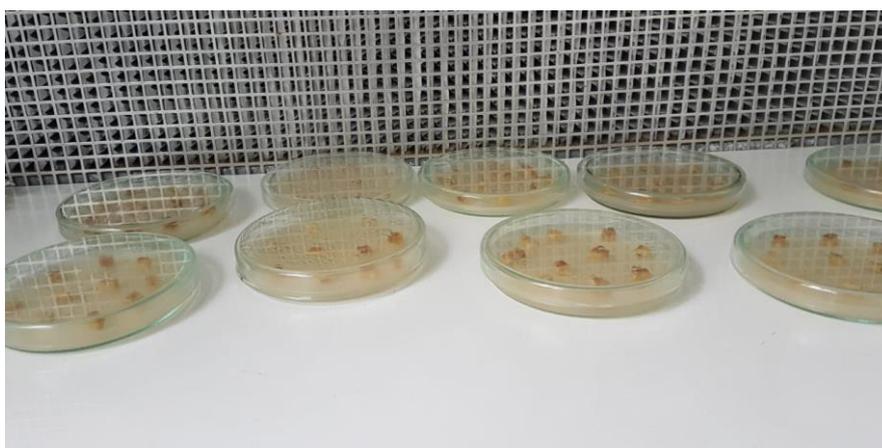


Figura 5- Plaqueamento inicial de amostras – Fonte: Própria (2019)

#### 4.6.2 PLAQUEAMENTO SECUNDÁRIO (MEIO DE CULTIVO COM NUTRIENTES)

Devido à baixa proliferação de microorganismos no primeiro meio de cultivo, foram selecionadas 2 amostras com melhor desenvolvimento para serem inseridas em meio de cultivo nutritivo. Para base, foi utilizado água e ágar de batata dextrose, meio de cultivo rico em açúcares provenientes da batata e, por isso, pode ser utilizado como local de crescimento e cultivo para todos os tipos de microorganismos (Prolab, 2018).



Figura 6 - Resultado do plaqueamento inicial –  
Fonte: Própria (2019)

#### 4.6.3 DETERMINAÇÃO DO AGENTE DE DEGRADAÇÃO

Após o período de 7 dias em meio de cultivo nutritivo, as análises foram levadas a laboratório e analisadas em microscópio, onde diferentes cores de fungos foram analisadas de forma isoladas afim de se identificar e classifica-los.

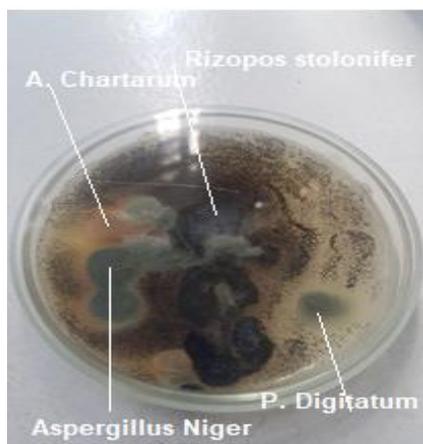


Figura 7 – Resultado do plaqueamento secundário - Fonte: Própria (2019)

## 5.RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 ANÁLISE DE PERDA DE MASSA

Em comparação com o peso seco inicial, realizado nas amostras pós estufa ventilada a 60°C por 24h, as amostras foram repesadas pós tempo de inserção no solo em intervalos 30 dias.

#### 5.1.1 ANÁLISE DE 30 DIAS

Durante o primeiro intervalo de análise, realizado após 30 dias de incubação no solo, foi analisada a perda de massa, conforme apresentado no gráfico abaixo:

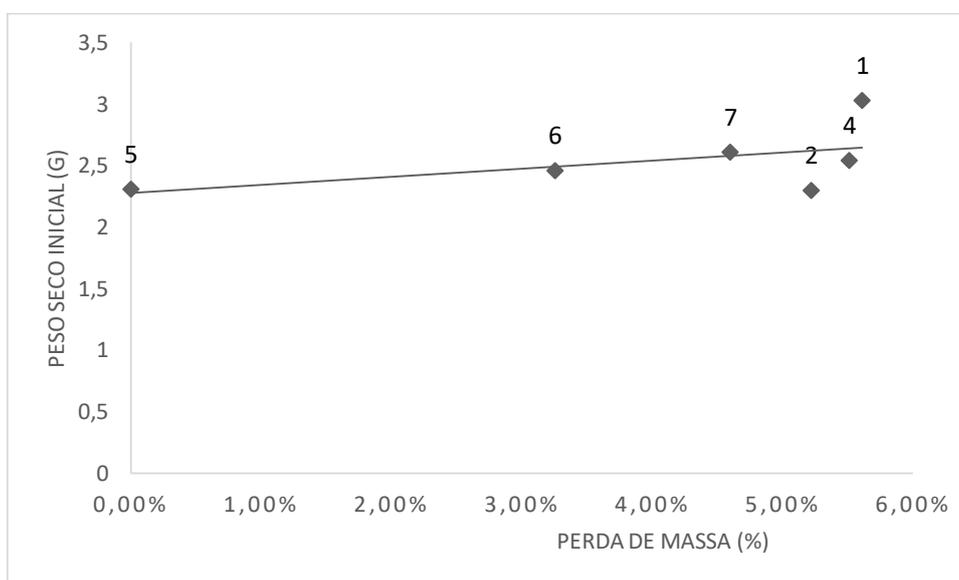


Gráfico 1 – Análise de perda de massa em 30 dias - Fonte: Própria (2019)

Nesta primeira análise, foi observada a maior perda registrada em todo o experimento evidenciadas pelas amostras 1,2 e 4, amostras com maior biodegradação de todo o estudo.

Esta perda registrada pode ser explicada por se encontrar na época de união de dois grandes fatores indispensáveis na biodegradação, sendo elas, umidade e temperatura.

Durante este período, foram registrados os maiores índices de umidade em todo período deste estudo, unido também as temperaturas mais elevadas, o ambiente foi mais favorável para a maior parte dos microorganismos do solo que são

beneficiados para reprodução, locomoção e sobrevivência em locais com essas características.

### 5.1.2 ANÁLISE DE 60 DIAS

Durante o segundo intervalo de análise, realizado após 60 dias de incubação no solo, foi analisada a perda de massa, conforme apresentado no gráfico abaixo:

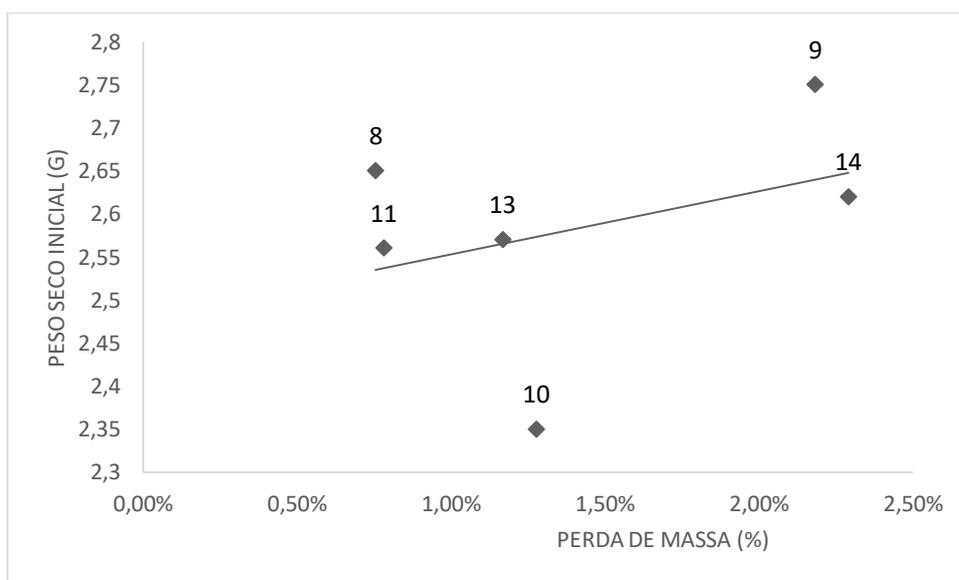


Gráfico 2 - Análise de perda de massa em 60 dias - Fonte: Própria (2019)

Durante esta fase foi registrado uma diminuição no índice de perda de massa em comparação à primeira análise, entretanto ainda demonstra nas amostras 9,10 e 14 uma biodegradação significativa.

Nesta fase de análise as temperaturas começam a baixar, variando de 15 a 20°C, assim como a umidade. Estas características podem ser limitantes para alguns microorganismos mas favorece alguns outros deste tipo de clima, como evidenciado na fase de plaqueamento.

### 5.1.3 ANÁLISE DE 90 DIAS

Durante o terceiro intervalo de análise, realizado após 90 dias de incubação no solo, foi analisada a perda de massa, conforme apresentado no gráfico abaixo:

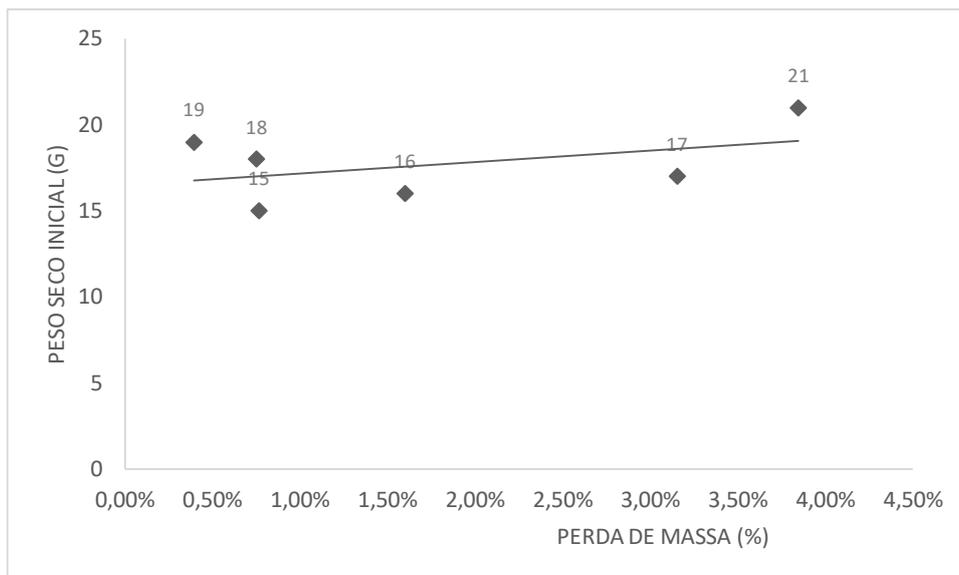


Gráfico 3 - Análise de perda de massa em 90 dias - Fonte: Própria (2019)

Durante esta análise, as amostras 16,17 e 21 se destacaram no índice de biodegradação. A amostra 17 serviu também para ser inserida no meio de cultivo que posteriormente evidenciou os microorganismos decompositores destas amostras.

Nesta amostragem, embora o índice de umidade tenha sido inferior as outras análises, foi possível identificar a presença de raízes que penetraram no material possivelmente pela capacidade hidro redutora do material na retenção de água do solo. Foi evidenciado assim a função absorvente do material, que em uso na agricultura, favoreceria a retenção de umidade no solo, auxiliando o fortalecimento das raízes ainda que em épocas de escassez de água.

## 5.2 MICROORGANISMOS DO SOLO

Separadas em 4 amostras que apresentavam colorações diferentes no plaqueamento com meio de cultivo nutritivo, foi possível observar o desenvolvimento de 4 diferentes gêneros de fungos.

### 5.2.1 RIZOPOS STOLONIFER

Durante o primeiro ensaio, foi possível notar o desenvolvimento do fungo e classifica-lo como Rizopos Stolonifer, pertencente a família Mucoraceae.

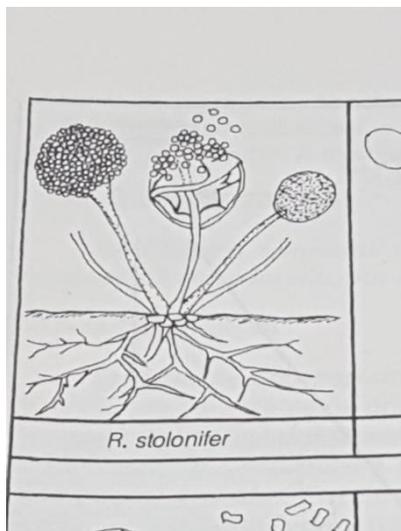


Figura 8 – Identificação do RizopusStolonifer- Fonte: MENEZES (1993)

De acordo com Carlos Lima (2010), A hifa fúngica secreta enzimas pectolíticas que em condições de elevada umidade e temperatura entorno de 25 °C durante armazenamento favorecem o desenvolvimento de lesões (apud Camargo,2005)

O aparecimento desta espécie de fungo se deu a partir da amostra que apresentava coloração negra, sendo também o único que se desenvolveu no primeiro ensaio e pode se desenvolver melhor após inserção em meio de cultivo nutritivo.

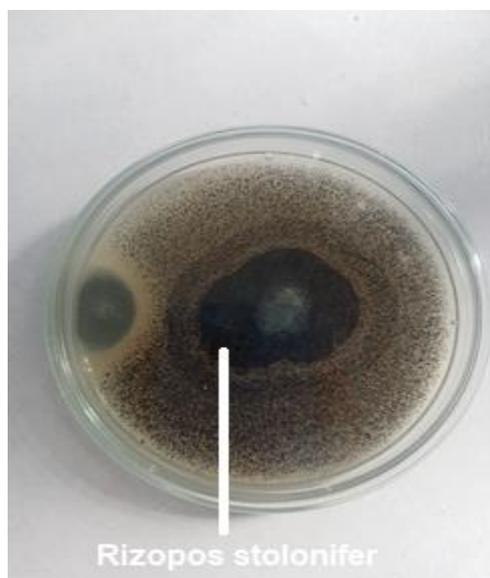


Figura 9 - RizopusStolonifer desenvolvido- Fonte: Própria.

Com o auxílio do microscópio foi possível identificar o fungo ainda em desenvolvimento durante a primeira fase de plaqueamento quando as amostras foram inseridas em meio de cultivo inicial.



Figura 10 - RizopusStolonifer desenvolvido visto no microscópio - Fonte: Própria (2019)

Embora identificado previamente, com a amostra inserida em meio de cultivo nutritivo, o desenvolvimento do fungo foi acelerado e permitiu uma melhor visualização quando visto no microscópio.

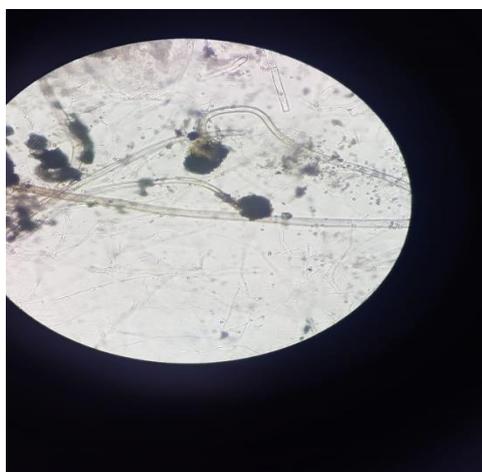


Figura 11 - RizopusStolonifer em desenvolvimento visto no microscópio - Fonte: Própria (2019)

### 5.2.2 ASPERGILLUS NIGER

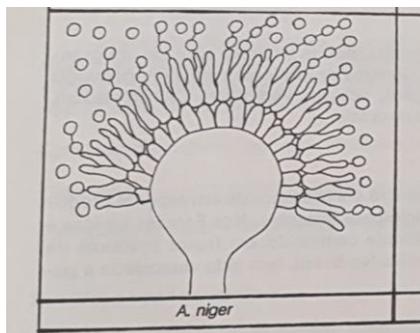


Figura 12 - AspergillusNiger estrutura  
- Fonte: MENEZES (1993)

Com tonalidade amarelada e esverdeada, a partir de análise microscópica foi possível identificar o fungo classificado como Arpergillus Niger, pertencente a família Trichocomaceae.

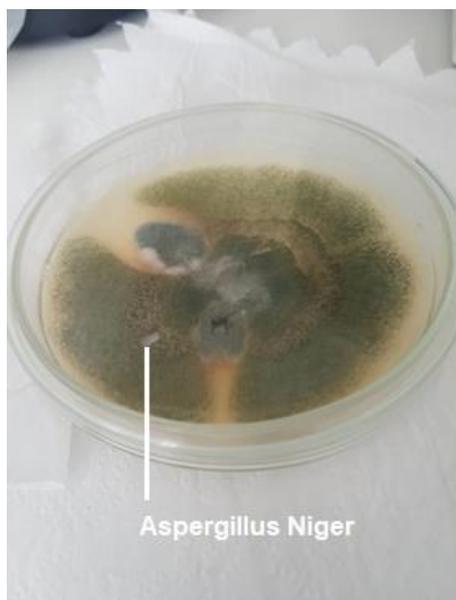


Figura 13 -  
AspergillusNigerdesenvolvido - Fonte:  
Própria (2019)

Segundo Sara (2015), esta espécie tem a habilidade de desenvolvimento tanto em locais secos e quentes que variam entre 35-37°C, quanto em locais frios com temperatura média de 6°C, além de ter pH de desenvolvimento variável entre 1.5 e 9.8.

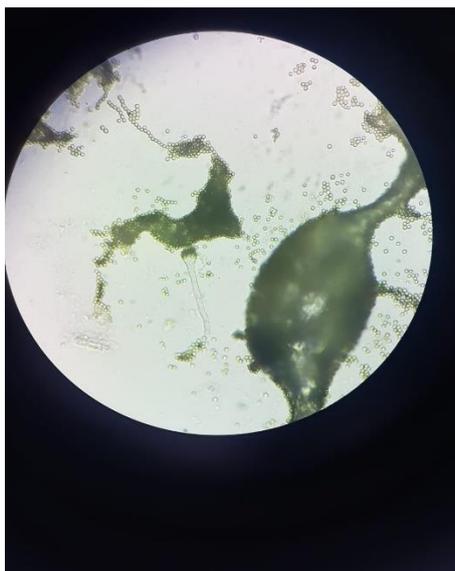


Figura 14 - *Aspergillus Niger* desenvolvido visto no microscópio -  
Fonte: Própria (2019)

### 5.2.3 PENICILLIUM DIGITATUM

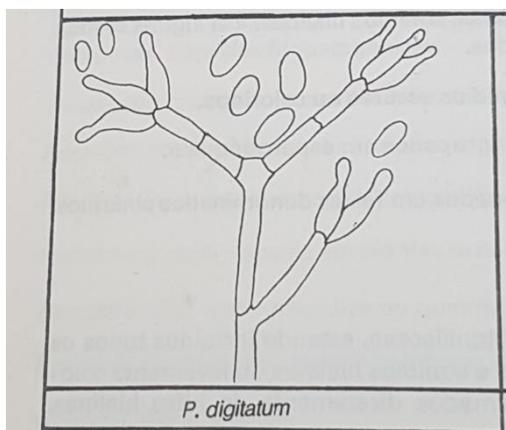


Figura 15 – *Penicillium Digitatum* estrutura  
- Fonte: MENEZES (1993)

Com tonalidade acinzentada, a partir de análise microscópica foi possível identificar o fungo classificado como *Penicillium digitatum*, da família *Trichocomaceae*.

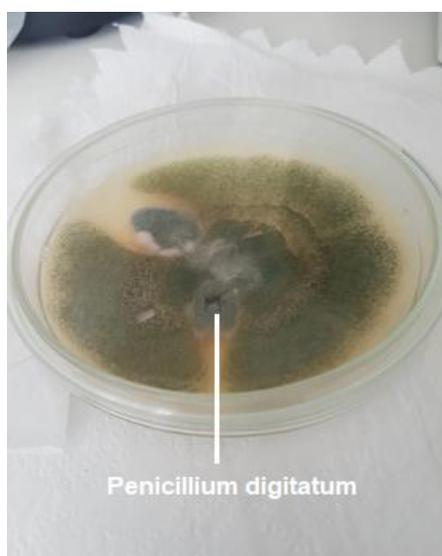


Figura 16 - *PenicilliumDigitatum* em desenvolvimento - Fonte: Própria

Este fungo, comumente encontrado em plantações de frutas cítricas, possui capacidade de se desenvolver em temperaturas abaixo de 15°C com grande umidade. (Agrolink, 200-?)



Figura 17 - *PenicilliumDigitatum* em desenvolvimento visto no microscópio - Fonte: Própria (2019)

#### 5.2.4 ASCOTRICHA CHARTARUM

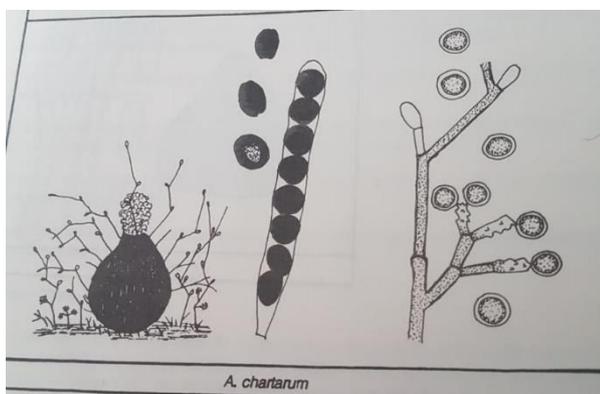


Figura 18 - Ascotricha Chartaum estrutura – Fonte: MENEZES (1993)

Com tonalidade marrom, a partir de análise microscópica foi possível identificar o fungo classificado como Ascotricha Chartarum, da família Chaetomiaceae.



Figura 19 - Ascotricha Chartaum desenvolvido  
Fonte: Própria (2019)

Esta família de fungos, possui características de ataques em celulose na forma de papel, papelão, tecidos e diversas fibras de origem vegetal. Ela também pode ser usada para controle biológico de fungos, pois inibe o aparecimento de outras espécies (MENEZES E OLIVEIRA, 1993, p. 119)



Figura 20 - Ascoticha Chartarum desenvolvido visto no microscópio  
- Fonte: Própria (2019)

## **6.CONCLUSÃO**

Diante deste experimento foi possível concluir que o material de poliacrilonitrila tem perda de massa para o solo por agentes decompositores como os fungos das famílias Mucoraceae, Trichocomaceae e Chaetomiaceae e que sua biodegradação é mais eficiente em períodos onde a temperatura média é em torno de 30°C e a umidade do solo é alta. Pode-se afirmar que o uso deste material no solo se faz viável quando usado para fins de retenção de umidade, visto que o mesmo possui função absorvente, baseando-se no encontro de umidade pelas raízes presentes no solo em que o material se encontrava.

## 7.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

IGTPAN. Instituto Granado de Tecnologia da Poliacrilotrila, 2016. Poliacrilonitrila (Monomero). Disponível em: <<http://www.igtpan.com/poliacrilonitrila.asp>>. Acesso em: 11 Set. 2019.

BRITO JUNIOR, Carlos A. R. et al . Poliacrilonitrila: processos de fiação empregados na indústria. Polímeros, São Carlos , v. 23, n. 6, p. 764-770, 2013 Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-14282013000600012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282013000600012&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 11 Set. 2019.

KOSTIKOV, V.I.J.N Fridlyander and I.H. Título: Fibre Science and technology. 1ª Edição. Local de publicação: Russian Academy of Sciences, Moscou, Russia. 1995

NOHARA, E. L. Estabelecimento de parâmetros de processamento de compósitos CRFC aplicados na área de elementos de fricção. 181 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência), Instituto tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 1988.

Portal São Francisco, 2019. Fibra de Carbono. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/fibra-de-carbono>>. Acesso em: 17 Set 2019.

Plastico, 2009. Plastico Moderno. Disponível em: <<https://www.plastico.com.br/pan-termoplastica-poliacrilonitrila-um-novo-material-de-grande-potencial-tecnologico-obtido-com-glicerina-de-biodiesel/>>. Acesso em: 17 Set 2019.

IGTPAN. Instituto Granado de Tecnologia da Poliacrilotrila, 2016. Poliacrilonitrila (história). Disponível em: <<http://www.igtpan.com/poli-historia.asp>>. Acesso em: 18 Set 2019.

ABIT. Associação Brasileira de Industria Textil, 2018. Dados gerais do setor referentes a 2017 (atualizados em outubro de 2018). Disponível em: <<https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em: 18 Set 2019.

BROWNE M.A, CRUMP P.; STEWART J.N.; TEUTEN E.L.; TONKIN A.; GALLOWAY T.; THOMPSON R.C. Sci. Accumulations of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks . Washington, EUA . American Chemical Society, 2011.

IGTPAN. Instituto Granado de Tecnologia da Poliacrilotrila, 2016. Poliacrilonitrila (história). Disponível em: <<http://www.igtpan.com/acrilonitrila.asp>>. Acesso em: 30 Set 2019.

Super Interessante,2016. A sujeira nossa de cada dia e a decomposição do lixo. Disponível em:<<https://super.abril.com.br/ideias/a-sujeira-nossa-de-cada-dia-e-a-decomposicao-do-lixo/>>. Acesso em: 30 Set 2019.

Dia de Campo,2010. Microorganismos do solo e a sustentabilidade dos agroecossistmemas. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21079&secao=Colunas%20e%20Artigos>>. Acesso em: 05 Out 2019.

Mundo estranho,2011. Porque o plástico demora tanto para desaparecer na natureza?. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/por-que-o-plastico-demora-tanto-tempo-para-desaparecer-na-natureza/>> Acesso em: 05 Out 2019

ZAFAR U. BIODEGRADATION OF POLYURETHANE UNDER COMPOSTING CONDITIONS. Thesis (Doctor of philosophy)- University of Manchester. Manchester, p.42. 2013.

CROSSLEY, D. A. J. R. & HOGLUND, M. P., 1962, A litterbag method for the study of microarthropods inhabiting leaf litter. Ecology, 43

ANTONIOLLI, Lucimara Rogéria et al . Efeito do hipoclorito de sódio sobre a microbiota de abacaxi 'Pérola' minimamente processado. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal , v. 27, n. 1, p. 157-160, Apr. 2005 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29452005000100041&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452005000100041&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 19 Out 2019.

MENEZES, Maria; OLIVEIRA, Sonia Maria Alves. Fungos Fitopatogênicos. 1. ed. Recife: [s. n.], 1993. 134 p.

Prolab, 2018.Entenda o que é Agar Batata e para que serve. Disponível em: <<https://www.prolab.com.br/blog/blog/entenda-o-que-e-agar-batata-e-para-que-serve/>> Acesso em 19 Out 2019.

Index Fungorum,2007.Names Record. Disponível em:

<<http://www.indexfungorum.org/Names/NamesRecord.asp?RecordID=119545>>

Acesso em 25 Out 2019.

Agrolink, 2000-?. Bolor Verde (*Penicillium digitatum*).Disponível em:

<[https://www.agrolink.com.br/problemas/bolor-verde\\_1849.html](https://www.agrolink.com.br/problemas/bolor-verde_1849.html)> Acesso em 26 Out

2019.