



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL**

ANDERSON CHRYSSTOPHER RODRIGUES DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE
RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS**

**CAMPINA GRANDE - PB
2017**

ANDERSON CHRYSSTOPHER RODRIGUES DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE
RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Química do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do título de graduação do Curso de Química Industrial.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Valderi Duarte Leite

CAMPINA GRANDE - PB
2017

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586p Silva, Didiane Saraiva da.
Percepção ambiental de alunos de ensino médio e caracterização de riscos do lixão do município de Massaranduba-PB [manuscrito] : / Didiane Saraiva da Silva. - 2017.
48 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

"Orientação : Profa. Dra. Vera Lúcia Meira de Moraes Silva, Coordenação do Curso de Química Industrial - CCT."

1. Resíduos sólidos. 2. Meio ambiente. 3. Percepção ambiental.

21. ed. CDD 363.728 5

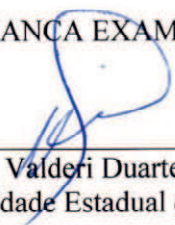
ANDERSON CHRYSTOPHER RODRIGUES DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE
RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Química do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do título de graduação do Curso de Química Industrial.

Aprovada em: 07/12/2017.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Valdeci Duarte Leite (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Elaine Gurgão de Oliveira
Ms. Elaine Gurgão de Oliveira (Examinadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Maria Célia Cavalcante de Paula e Silva
Ms. Maria Célia Cavalcante de Paula e Silva (Examinadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

CAMPINA GRANDE – PB
2017

“Não tenha pena dos mortos, tenha pena dos vivos, e
acima de tudo daqueles que não tem amor!”

(J. K. Rowling)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela luz que ilumina meu caminho e por tudo que sou. Por nunca me deixar perder as esperanças e por todas as bênçãos. “Tudo posso naquele que me conforta” (Filipenses 4, 13).

Agradeço aos meus amados pais, Josefa Delma e Luiz, por terem acreditado em que esse dia chegaria, não existem palavras para representar toda minha gratidão. Sei que foram muitas renúncias para que esse se sonho, que se tornou nosso, fosse materializado. Mãe, obrigada por estar sempre ao meu lado nos momentos de alegria e de dor, por falar o que eu precisava ouvir quando eu precisava ouvir.

Ao meu amado tio Silvio, que desde criança me incentivou e ensinou a ser uma boa pessoa e correr atrás dos objetivos, e após meu ingresso no ensino superior, me ajudou tanto financeiramente como psicologicamente.

A minha cônjuge Maryana, que nos momentos mais difíceis desde o começo esteve comigo sempre me apoiando e ajudando para que eu pudesse seguir firme nessa caminhada em minha vida acadêmica.

A minha cunhada Mayara, que sempre me ajudou com sua sabedoria em fazer ótimos textos servindo muitas vezes como meu dicionário.

Aos amigos Ana Carla, Newton, Raphael, Talysson, Juliana, Renata, Evelle, Martina, Gustavo, Mary, Felype e Denise que a UEPB me trouxe e que se tornaram meus parceiros da academia e da vida, só tenho a agradecer-lhes por se enfrentarem as turbulências do dia a dia ao meu lado.

A minha querida amiga e companheira Didiane, que tive o privilégio de conhecer durante minha vida acadêmica.

Aos familiares e amigos, por compartilharem desse sonho comigo e me incentivarem a permanecer na caminhada até aqui.

A EXTRABES e ao meu orientador Valderi pela oportunidade de exercer o que aprendi em minha graduação e pela confiança que me foi depositada.

RESUMO

A compostagem é um processo microbiológico aeróbio controlado no qual, através da transformação de resíduos sólidos orgânicos (RSO) sob temperaturas termofílicas através da biodigestão em matéria orgânica. O conjunto de fatores que da condições para eficiência e o bom desenvolvimento de um sistema biologicamente complexo como a compostagem deve ser balizado por uma série de parâmetros, sendo que cada tipo de material a ser compostado exige uma combinação ótima de aeração, umidade, pH, relação C/N e granulometria. A presente pesquisa teve como objetivo, analisar e estudar em que a granulometria influencia no processo de compostagem, onde foi feito uma seleção da matéria-prima triturado e peneirado em duas malhas de diâmetro diferentes (5,5 mm e 7,0 mm), em seguida misturado com serragem e assim montado dois sistemas de reatores orgânicos e dando início ao monitoramento e análises. No decorrer das análises no tempo de 45 dias para o RSO de granulometria de 7,0 mm e 60 dias para o RSO de granulometria de 5,5mm, foram obtidos bons resultados, onde apenas a temperatura divergiu devido ao estado de decomposição antes de montar os reatores de compostagem (RC).

Palavras-chaves: Resíduos Sólidos Orgânicos; compostagem; granulometria.

ABSTRACT

Composting is a controlled aerobic microbiological process in which, through the transformation of organic solid waste (RSO) under thermophilic temperatures through biodigestion in organic matter. The set of factors that from the conditions for efficiency and the good development of a biologically complex system such as composting should be marked by a series of parameters, and each type of material to be composted requires an optimal combination of aeration, humidity, pH, C/N ratio and granulometry. The present research had the objective of analyzing and studying in which granulometry influences the composting process, where a selection of crushed and sifted raw material was made in two different mesh sizes (5.5 mm and 7.0 mm), then mixed with sawdust and thus assembled two systems of organic reactors and initiating the monitoring and analysis. During the 45-day analysis for the RSO of 7.0 mm particle size and 60 days for RSO of 5.5 mm granulometry, good results were obtained, where only the temperature deviated due to the decomposition state before assembling composting reactors (RC).

Keywords: Organic Solid Residue, composting, granulometry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curva de temperatura durante o processo de compostagem.	19
Figura 2 – Valores de pH no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 5,5 mm.	24
Figura 3 – Valores de pH no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 7,0 mm.	25
Figura 4 – Valores de % ST no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 5,5 mm.	26
Figura 5 – Valores de % ST no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 7,0 mm.	26
Figura 6 - Valores de % STV no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 5,5 mm.	27
Figura 7 - Valores de % STV no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 7,0 mm.	28
Figura 8 - Valores de teor de umidade no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 5,5 mm.	29
Figura 9 - Valores de teor de umidade no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 7,0 mm.	29
Figura 10 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 1 em relação a topo x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.	30
Figura 11 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 1 em relação a centro x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.	31
Figura 12 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 1 em relação a base x ambiente x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.	31
Figura 13 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 2 em relação a topo x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.	32
Figura 14 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 2 em relação a centro x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.	32
Figura 15 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 2 em relação a base x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.	33
Figura 16 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 3 em relação a topo x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.	33
Figura 17 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 3 em relação a centro x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.	34
Figura 18 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 3 em relação a base x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.	34
Figura 19 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 1 em relação a topo x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.	35
Figura 20 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 1 em relação a centro x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.	35
Figura 21 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 1 em relação a base x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.	36
Figura 22 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 2 em relação a topo x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.	36
Figura 23 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 2 em relação a centro x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.	37
Figura 24 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 2 em relação a base x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.	37
Figura 25 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 3 em relação a topo x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.	38
Figura 26 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 3 em relação a centro x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.	39

Figura 27 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 3 em relação a base x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros físicos, químicos, frequência e métodos empregados durante as análises do sistema.....	23
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

RC1 – Reator de Compostagem 1

RC2 – Reator de Compostagem 2

RC3 – Reator de Compostagem 3

C/N – Relação Carbono/Nitrogênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EMPASA – Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas.

EXTRABES – Estação Experimental de Tratamento de Águas e Esgotos

NBR – Norma Brasileira

NTK – Nitrogênio Total Kjeldahl

RSO – Resíduo Sólido Orgânico

RSU – Resíduo Sólido Urbano

UEPB – Universidade Estadual da Paraíba

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

% ST – Porcentagem Sólidos Totais

% STV – Porcentagem Sólidos Totais Voláteis

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO	12
2-OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos específicos	14
3-FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1 Compostagem	15
3.2 Parâmetros que Influenciam no Processo de Compostagem	15
3.2.1 Aeração	15
3.2.2 Relação C/N	16
3.2.3 pH	17
3.2.4 Teor de umidade	17
3.2.5 Granulometria	17
3.2.6 Temperatura	18
3.2.7 Matéria-Prima	20
3.2.8 Microrganismos	20
4-MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 Parâmetros Analisados	23
5- RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
5.1 Perfis dos Parâmetros Monitorados	24
5.1.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)	24
5.1.2 Sólidos Totais	26
5.1.3 Sólidos Totais Voláteis	27
5.1.4 Teor de Umidade	28
5.1.5 Temperatura	30
6- CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
7- REFERÊNCIAS	42

1 - INTRODUÇÃO

O aumento progressivo na produção de materiais descartáveis é notório na sociedade contemporânea, materiais estes que vêm ganhando espaço no mercado devido a comodidade que trazem a população. O aumento na produção de Resíduos Sólidos Urbanos - RSU é uma consequência da elevada utilização desses descartáveis.

Resíduos, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT/NBR 10004:2004, são materiais ou substâncias de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviço, varrição, lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e líquidos que tornem inviáveis para o lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou que exijam soluções técnicas e econômicas viáveis (ABNT, 2004), que com o passar dos anos e dos elevados índices de resíduos orgânicos e não orgânicos, várias técnicas de reaproveitamento do resíduo foram criadas, entre elas está a compostagem de Resíduos Sólidos Orgânicos (RSO), com detritos de animais e resíduos orgânicos domésticos, restaurantes, supermercados e hortifrútis.

A compostagem consiste em um processo controlado de decomposição de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, no qual ocorre produção de gás carbônico, vapor de água e calor, fazendo com que estabilize a matéria orgânica, gerando um composto que pode ser utilizado como fertilizante orgânico na agricultura e também diminuindo a quantidade desses rejeitos em aterros sanitários, pois o fato de resíduos orgânicos não serem coletados e conseqüentemente não serem separados faz com que acabem sendo encaminhados para disposição final junto com os resíduos que representam perigo e que deixaram de ser coletados de maneira seletiva (IPEA, 2012).

Deve-se destacar que o chorume, considerado um grande vilão, não é um contaminante e sim um biofertilizante, porém quando destinado incorretamente percola juntamente com líquidos tóxicos, geralmente carregados com metais pesados provenientes de materiais eletroeletrônicos, causando grandes impactos ambientais negativos ao solo nas proximidades e, caso tenha acesso, contaminando lençóis freáticos, atingindo, conseqüentemente a saúde da população (BELLO, 2010). Esta forma de destinação gera, para a maioria dos municípios, despesas que poderiam ser evitadas caso a matéria orgânica fosse separada na fonte e encaminhada para um tratamento específico, como exemplo a compostagem (MASSUKADO, 2008).

O efeito positivo ocasionado pela compostagem no prolongamento da vida útil de aterros, técnica eficiente e segura consiste em tratar grande parte dos resíduos sólidos orgânicos das cidades brasileiras, os quais somam segundo dados do IPEA 2012, cerca de 51,4% (de resíduos orgânicos em relação ao total de resíduos gerados). Através da compostagem é produzido um material rico em nutrientes e matéria orgânica, que aumenta a retenção de água no solo e estimula o crescimento de plantas, ideal para ser usado na agricultura, o qual pode ser comercializado, caso cumpra os principais pré-requisitos e padrões de qualidade condizentes com a legislação.

Outro fator positivo da compostagem está no fato desta ser uma técnica de baixo custo, mesmo que necessite de grandes áreas e longo tempo para que o composto fique em condições ideais para ser utilizado.

2 - OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar a influência da granulometria no processo de compostagem de resíduos sólidos orgânicos proveniente da EMPASA na cidade de Campina Grande.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar e comparar resultados de diferentes granulometrias de RSO;
- Efetuar a caracterização química, física e biológica dos resíduos orgânicos gerados na EMPASA, em Campina Grande-PB;
- Analisar a viabilidade de sistema de tratamento aeróbicos de resíduos sólidos orgânicos instalados na EXTRABES, bairro do catolé em Campina Grande – PB.

3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Compostagem

A compostagem é processo microbiológico aeróbio idealizada para obter, no mais curto espaço de tempo, a estabilização ou humificação da matéria orgânica que na natureza se dá em tempo indeterminado. É um processo controlado de decomposição microbiana de uma massa heterogênea de resíduos no estado sólido e úmido NUNES, M. (2009). A matéria estabilizada é constituída de compostos orgânicos e pode ser utilizada como adubo ou fertilizante. Para o processo de compostagem ser bem-sucedido, é necessário que sejam controlados os parâmetros físico-químicos como: temperatura, aeração, umidade, pH, relação C/N (carbono/ nitrogênio), para assim, os microrganismos encontrarem condições ideais ao seu desenvolvimento (TAVARES,2011).

O composto é a melhor fonte de matéria orgânica humificada, substituindo o húmus natural do solo, melhorando as condições físicas, químicas e biológicas deste; aumentando a porosidade do solo, tornando-o mais arável e assegurando a conservação da umidade e protegendo-o da evaporação, o frio e o calor(TAVARES,2011).

Este estará pronto para uso, no momento em que sua temperatura se mantém constante durante a movimentação do material (JIMENEZ, E. I. et al. 1989), possuindo algumas particularidades importantes para a saúde do solo, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, os quais são assimilados em maior quantidade pelas raízes, além de ferro, zinco, cobre, manganês, boro e outros micronutrientes, auxiliando no aumento da CTC (capacidade de troca catiônica) do solo.

3.2 Parâmetros que Influenciam no Processo de Compostagem

3.2.1 Aeração

A compostagem sendo um processo aeróbio, a aeração é necessária para que a atividade biológica mantenha uma ação ideal a fim de possibilitar a decomposição da matéria orgânica de forma mais rápida (processo aeróbio), devido a necessidade dos microrganismos em oxigênio para oxidar a matéria orgânica que lhes serve de alimento (Fernandes e Silva, 1998).

A taxa de aeração deve ser totalmente controlada, de maneira que proporcione uma distribuição adequada desta, em toda massa a ser compostada, pois se houver fermentação na

ausência de oxigênio, haverá perda de nitrogênio, odores desagradáveis e presença de insetos, como moscas (OLIVEIRA, F. *et al.* 2004), pois a atividade anaeróbica será intensificada.

O reviramento nos Reatores de Compostagem (RC) tem três finalidades:

- Diminuição da concentração de gás carbônico e vapor d'água formados durante o processo de compostagem e presentes na massa de ar existente na leira;
- Controle sanitário da leira por possibilitar que a camada mais externa tenha um aumento na temperatura com conseqüentemente eliminação dos patógenos;
- Homogeneização da massa de compostagem através do revolvimento, pois ocorre a mistura da camada mais externa, que naturalmente se torna mais seca, com a camada inferior que é mais úmida (Pires, 2013).

Caso a aeração não seja suficiente o processo de decomposição será anaeróbio o que acarretará em um tempo maior de degradação, na produção de maus odores, gases poluentes como metano e na produção de um composto mais ácido e com qualidade inferior ao produzido em um processo estritamente aeróbio (PIRES, 2013).

3.2.2 Relação C/N

Esta proporção está relacionada na regulação dos microrganismos para a transformação do resíduo orgânico em adubo. De acordo com Kiehl (2004), o intervalo inicial recomendável da relação C/N para que o processo de compostagem ocorra em um tempo ótimo é de 25/1 a 35/1, e a relação ótima é de 31/1.

O carbono, além de fonte de energia para atividade microbiana através da respiração, representa também 50% da massa das células dos microrganismos. Já o nitrogênio, por sua vez, é essencial para a síntese das proteínas (MASSUKADO, 2008). Independentemente da relação C/N inicial, no final da compostagem a relação C/N converge para um mesmo valor, entre 10 e 20, devido à perdas maiores de carbono que de nitrogênio, no desenvolvimento do processo (FERNANDES e SILVA, 1998).

Se a relação C/N for muito baixa pode ocorrer grande perda de nitrogênio pela volatilização da amônia. Se a relação C/N for muito elevada os microrganismos não encontrarão N suficiente para a síntese de proteínas e terão seu desenvolvimento limitado. Como resultado, o processo de compostagem será mais lento (FERNANDES e SILVA, 1998).

3.2.3 pH

Mesmo o pH não sendo um fator crítico na compostagem, seu valor indica o estágio que o material se encontra dentro do processo, segundo JIMENEZ, E. I. (1989), já que afeta o metabolismo, a permeabilidade da membrana e a absorção dos microrganismos diretamente, além da interferência na disponibilidade de nutrientes, solubilização de elementos tóxicos (Fernandes e Silva, 2005; KIEHL, E. J. 2005; Trautmann e Krasny, 1997).

Quando a mistura apresentar pH próximo de 5,0 ou ligeiramente inferior há uma diminuição drástica da atividade microbiológica e o composto pode não passar para a fase termófila. A passagem à fase termófila é acompanhada de rápida elevação do pH, que se explica pela hidrólise das proteínas e liberação de amônia. Assim, normalmente o pH se mantém alcalino (7,5 – 9,0), durante a fase termófila (FERNANDES e Silva, 1998). De acordo com Bidone (2007) os fungos são responsáveis pela decomposição dos resíduos resistentes, tanto de animais, quanto de vegetais, formação de húmus e fixação do nitrogênio.

3.2.4 Teor de Umidade

O ideal é que não exceda a 50% em peso, durante o processo de compostagem. Se houver uma diminuição da umidade a atividade biológica será inibida, bem como a velocidade de biodegradação. Pois impossibilita a fermentação dos microrganismos que degradam a matéria orgânica e que necessitam de umidade para sobreviver (Fernandes e Silva, 1998).

Por outro lado, se for muito elevada a geração biológica será prejudicada, podendo ocorrer anaerobiose (respiração celular na ausência de oxigênio) pois ao aumentar a umidade, o resíduo ficará compactado dificultando a oxigenação, fermentando a massa orgânica e havendo perda de nitrogênio, situação em que há produção de chorume. Para evitar esse problema é preferível que o local ou a própria compostagem seja coberta. (Oliveira, Aquino e Neto, 2004)

3.2.5 Granulometria

Materiais moídos e peneirados, com granulometria fina e maior homogeneidade, formam montes com melhor distribuição de temperatura e menor perda de calor (NOGUEIRA

e COSTA, 2011). Afetando, também, a questão da aeração, pois pequenas partículas alteram a densidade do material (KIEHL, E. J. 2005) e conseqüentemente, aumenta a velocidade do processo.

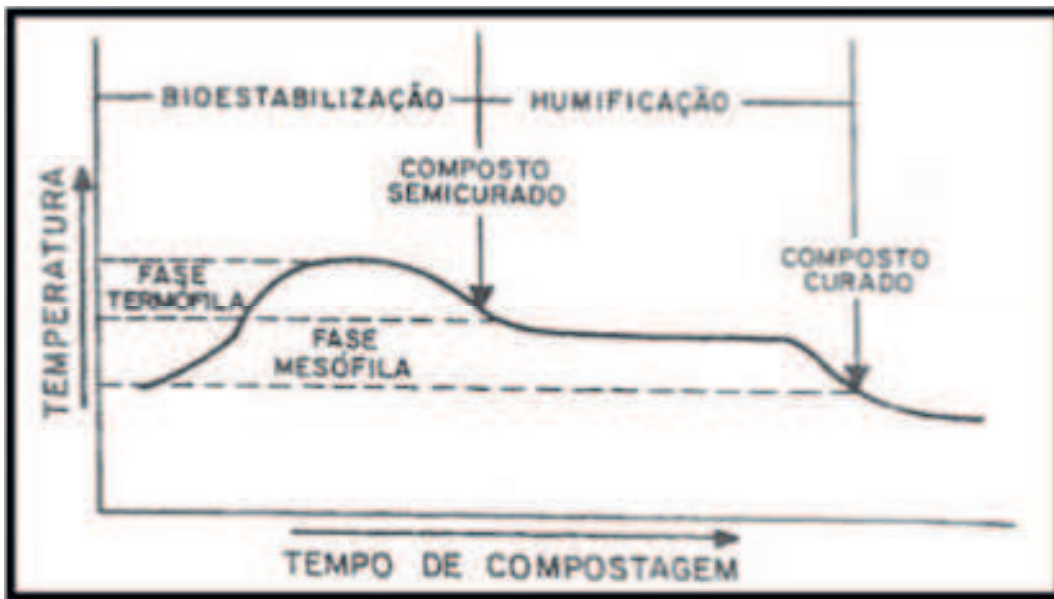
O ideal é que as partículas a serem compostadas não possuam tamanho maior que 3 cm de diâmetro, pois quanto menor a partícula, maior a superfície específica de contato, facilitando o ataque microbiano ou disponibilidade biológica. No entanto, tamanhos menores que 1,3 cm podem ocasionar compactação e falta de oxigênio, sendo necessário um sistema de ar forçado. Em caso de granulometria alta, pode-se fragmentar o material, desde que o gasto de energia envolvido se justifique economicamente, já em grânulos menores, a adição de matéria rica em carbono, auxilia no menor consumo de oxigênio (TAVARES, 2011).

O tamanho das partículas tem significativa influência na porosidade da leira e conseqüentemente na eficiência da degradação da matéria orgânica. Partículas maiores proporcionam a maior aeração da leira, enquanto que partículas menores tornam o material compactado, contudo, oferecem maior superfície de contato para decomposição dos resíduos pelos microrganismos (INÁCIO e MILLER, 2009).

3.2.6 Temperatura

O processo de compostagem possui variação de temperatura de acordo com seu estágio de decomposição da matéria orgânica (PIRES, 2013), o qual se constitui pelas fases mesófilas e termófila, como representado na Figura 1.

Figura 1– Curva de temperatura durante o processo de compostagem.



Fonte: Pires (2013, p. 27).

Na primeira fase, mesófila, a fitotóxica, ocorre uma rápida diminuição da temperatura em decorrência da evaporação de parte da quantidade da água na compostagem. Em seguida ocorre um aumento na liberação de gás carbônico, vapor de água e calor com a temperatura atingindo valores na faixa entre 15 a 43°C, sendo a faixa ótima, entre 25 e 40°C, nessa faixa de temperatura, os microrganismos predominantes são denominados mesófilos. Nessa fase, que tem duração de 10 a 20 dias, é comum ocorrer redução no pH da compostagem, inviabilizando o material a ser utilizado como fertilizante orgânico, por isso ela é denominada fitotóxica (KIEHL, 2004).

A segunda fase, termófila, é chamada de semicura é a fase onde ocorre a bioestabilização da matéria orgânica que conseqüentemente deixa de ser danosa as plantas, mas ainda não a torna passível de ser caracterizada como fertilizante orgânico por não estar umificada. Nessa fase, os microrganismos predominantes são de características termófilas, ou seja, a temperatura da leira fica entre 25 e 85°C, sendo a faixa ótima de 50 a 55°C (KIEHL, 2004).

Na terceira fase, mesófila, chamada de maturação, é a fase onde o composto atinge as propriedades físicas, químicas e biológicas características de um fertilizante orgânico. Essa fase que é mais conhecida como fase de humificação apresenta uma queda gradual de temperatura começando na faixa mesófila como a fase fitotóxica e finalizando na temperatura ambiente. Com relação a degradação da matéria orgânica os microrganismos predominantes

da fase mesófila são mais eficientes que os predominantes da fase termófila, porém essa última é extremamente importante para a inativação das sementes de ervas daninhas e para a eliminação dos microrganismos patógenos (Pires, 2013).

3.2.7 Matéria-prima

Segundo Pires (2011), desde que seja realizada uma triagem previamente à compostagem, os resíduos sólidos urbanos podem ser utilizados como matéria-prima nesse processo. Em relação a essa característica, a qualidade do composto será determinada pela seleção de materiais orgânicos facilmente degradados, retirando, portanto, os não degradáveis ou pouco degradáveis. Ainda de acordo com este autor, a classificação desses materiais quanto à degradabilidade pode ser realizada da seguinte forma:

- Facilmente degradáveis (carboidratos e proteínas);
- Pouco degradáveis ou resistentes à degradação (celulose, gordura);
- Não degradáveis ou lentamente degradáveis (ligninas, queratinas).

3.2.8 Microrganismos

Os compostos orgânicos biodegradáveis passam por sucessivas transformações sob a ação de diversos grupos de microrganismos, mesofílicos e termofílicos, resultando num processo bioquímico altamente complexo. Os microrganismos têm a necessidade dos mesmos micro nutrientes requerido pelas plantas: Cu, Ni, Mo, Fe, Mg, Zn e Na são utilizados nas reações enzimáticas, porém os detalhes deste processo são pouco conhecidos (FERNANDES e SILVA, 1998), os principais nutrientes encontrados nos resíduos vegetais e animais estão na forma orgânica e são decompostos em diferentes estágios (Kiehl, 1985), com diferentes magnitudes e por diferentes populações de microrganismos, que secretam enzimas e digerem o seu alimento fora da célula (Primavesi, 1981). Para que aconteça a biodigestão, os microrganismos liberam enzimas hidrolíticas, que retiram porções da matéria orgânica na forma solúvel e de baixo peso molecular, sendo necessária a presença de oxigênio nesta fase, para que a matéria orgânica já absorvida seja metabolizada segundo Kiehl (2004) e conforme Miller (1992), o processo de compostagem é marcado por uma contínua mudança das espécies de microrganismos envolvidos, devido às modificações nas condições do meio, sendo praticamente impossível identificar todos os presentes.

Segundo Miller (1992), a predominância de espécies definidas de microrganismos e a sua atividade metabólica determina a fase em que se encontra o processo de compostagem. Corrêa et al. (1982) afirmam que no início da decomposição dos resíduos orgânicos, na fase mesófila, predominam bactérias, que são responsáveis pela quebra inicial da matéria orgânica, gerando a liberação de calor na massa em compostagem. Nesta fase, acontece também a atuação de fungos, que são seres heterotróficos, pois usam a matéria orgânica sintetizada pelas bactérias e outros microrganismos, como fonte de energia (Pereira Neto, 2007). Esses microrganismos são produtores de ácidos, que degradam as proteínas, os amidos e os açúcares (Turner, 2002). Com o aumento da temperatura, devido à liberação de calor, ocorre a morte de microrganismos mesófilos (Peixoto, 1988), havendo a multiplicação de bactérias e fungos termófilos (Riffaldiet al., 1986). Nesta fase, as bactérias degradam os lipídeos e frações de hemicelulose, enquanto que a celulose e a lignina são decompostas pelos actinomicetos e fungos (Kiehl, 1985).

Além disso, durante todo o processo ocorre produção de calor, com desprendimento de CO₂ e de vapor de água (Kiehl, 2004), sendo estas características relacionadas ao metabolismo exotérmico dos microrganismos, à sua respiração e à evaporação de água, que é favorecida pelo aumento da temperatura gerada no interior da massa em compostagem (Zucconi e Bertoldi, 1991).

4 – MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida num terreno aberto dentro das instalações da Estação Experimental de Tratamento de Águas e Esgotos (EXTRABES), da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, localizado Rua Cônsul Joseph NoujainHabib, s/n, bairro, antiga estação de tratamento de esgoto da cidade de Campina Grande, situada no bairro do Catolé do município de Campina Grande – PB. Inicialmente foi recolhido em duas etapas o RSO proveniente da EMPASA, para selecionar as frutas e verduras em melhores condições para não montar um sistema de RC.

Após a seleção do RSO, todo o material selecionado foi triturado num triturador Trapp modelo TR200 e em seguida foi colocado para secar um pouco para passar em duas malhas, com diâmetros de 5,5 mm e outra com diâmetro de 7,0 mm. Depois foi misturado com a serragem numa fração de 80% de matéria orgânica e 20% de serragem e montou dois tratamentos em reatores que eram utilizados baldes de 20 litros de volume com altura de aproximadamente 50 cm, com 4 furos laterais e 4 furos na base.

Após montar os sistemas com a mistura da fração de RSO e serragem, deu início as análises de rotina onde, nos reatores de compostagem de granulometria 5,5 mm as a 58 dias e nos reatores de compostagem de granulometria 7,0 mm as análises duraram 42 dias, tendo que, a cada dois dias com auxílio de um compressor de ar, realizar o reviramento manual do RC para fornecer oxigênio de forma igualitária a todos os microrganismos mesófilos e termófilos presentes para não ocorrer anaerobiose e ajudar a degradar matéria orgânica de forma mais rápida. Os RC foram montados a céu aberto em um terreno de 60x30m, em cima de blocos de concreto, onde para cada granulometria foram montados RC em triplicata.



4.1 Parâmetros Analisados

Os parâmetros que foram analisados durante o processo de monitoramento dos reatores orgânicos, tiveram frequência definida para controle do processo de compostagem.

A Tabela 3 apresenta parâmetros químicos, frequência que foi realizada e os métodos aplicados para a realização das análises durante o monitoramento dos sistemas de compostagem.

Tabela 1 – Parâmetros físicos, químicos, frequência e métodos empregados durante as análises do sistema.

Parâmetros	Frequência	Método Utilizado	Referência
Temperatura	Diária	Termômetro de mercúrio	APHA (2012)
Teor de Umidade	Semanal	Gravimétrico	APHA (2012)
pH	Semanal	Potenciométrico	APHA (2012)
Sólidos Totais	Semanal	Gravimétrico	APHA (2012)

Fonte: Própria autoria (2017)

5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados experimentais relativos ao processo de compostagem aeróbica com RSO e serragem, após a trituração em duas diferentes granulometrias, onde para cada granulometria teve 3 reatores de compostagem, o qual foram denominados RC 1, RC 2 e RC 3, respectivamente reator de compostagem 1, reator de compostagem 2 e reatores de compostagem 3.

Vale ressaltar que todas as análises foram feitas em duplicatas para obter melhores resultados.

5.1 PERFIS DOS PARÂMETROS MONITORADOS

5.1.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Nas Figuras 2 e 3, os valores de pH obtidos durante o período de monitoramento das compostagens de granulometria 5.5 mm e 7 mm.

Figura 2 – Valores de pH no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 5,5 mm.

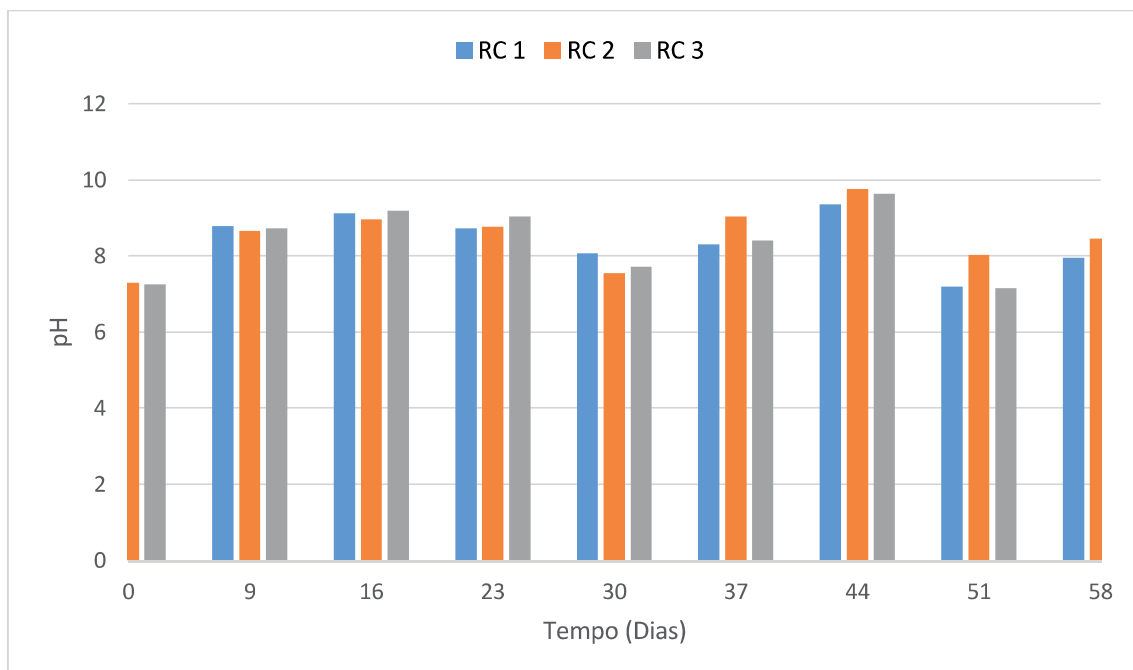
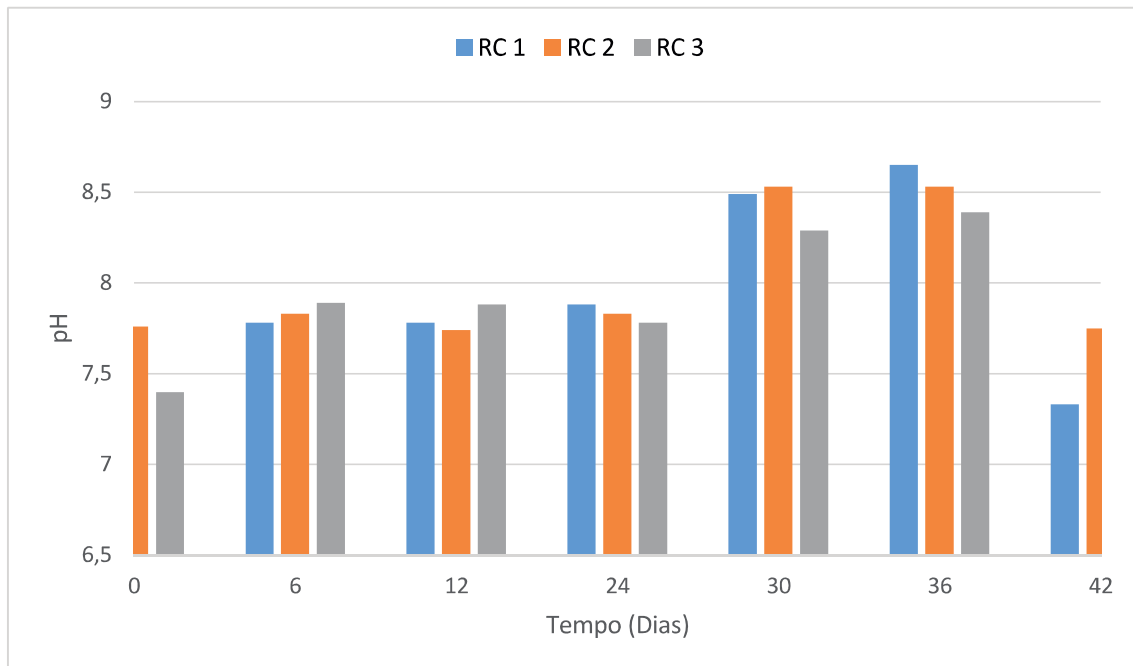


Figura 3 – Valores de pH no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 7,0 mm.



A presença de fungos no início da compostagem estudada, pode estar relacionado ao pH baixo no início, condição ideal para proliferação do mesmo. A faixa de pH considerada ótima para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela compostagem situa-se entre 5,5 e 8,5, uma vez que a maioria das enzimas encontram-se ativas nesta faixa de pH (Rodrigues *et al.*, 2006). Onde esse pH básico está diretamente relacionado ao estado de decomposição em que o RSO no reator de compostagem. Segundo Silva (2008), os fungos concentraram-se no centro da massa do substrato, em virtude de melhores condições de umidade e de temperatura, favorecendo a colonização destes organismos heterótrofos.

Durante a fase inicial da compostagem de resíduos orgânicos domiciliares, as temperaturas próximas a 46°C e pH abaixo de 6,0 inibem a atividade de microrganismos. Pode-se dizer que possivelmente a inibição da atividade microbiana tenha sido em decorrência da transição da fase mesófila (40-45°C) para a termófila, onde naturalmente ocorre uma estagnação da atividade microbiana devido à morte de microrganismos mesófilos e a colonização da massa pelos microrganismos termófilos (VALENTE *et al.*, 2008).

5.1.2 SÓLIDOS TOTAIS

Nas Figuras 4 e 5, observa-se os valores de sólidos totais obtidos durante o período de monitoramento das compostagens de granulometria 5.5 mm e 7mm.

Figura 4 – Valores de % ST no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 5,5 mm.

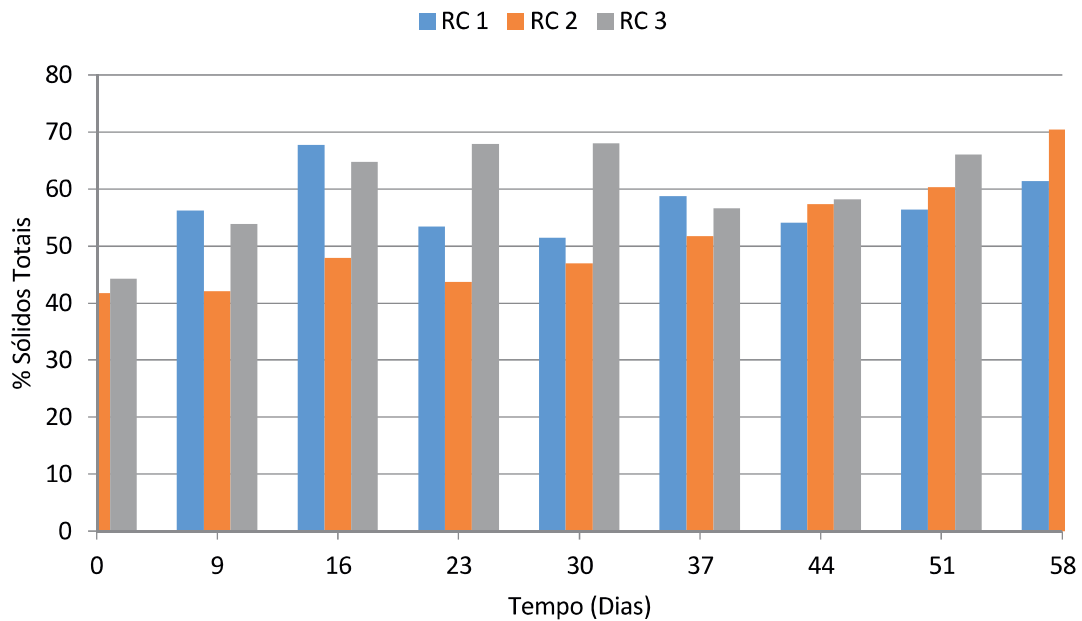
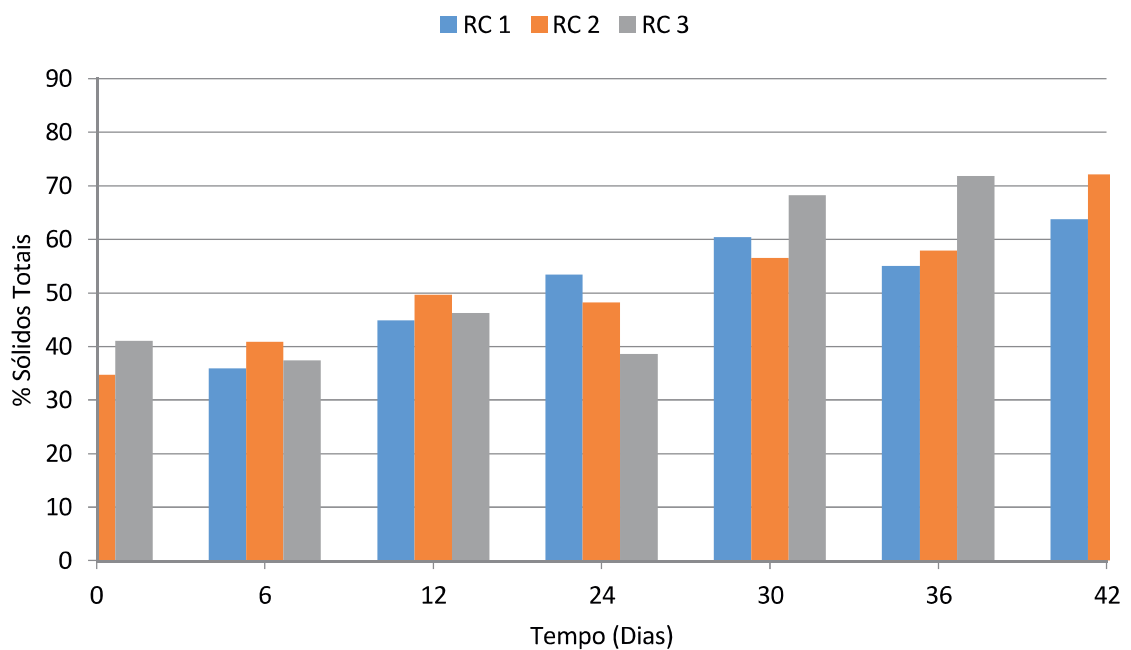


Figura 5 – Valores de % ST no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 7,0 mm.



Juntamente com o decréscimo de %STV, há um acréscimo de %ST, devido a evaporação da umidade presente na compostagem. Valores diretamente ligados ao período de chuva em que estava durante as análises com os RC a céu aberto, mas com o gradativo aumento da porcentagem de sólidos totais no decorrer dos dias.

5.1.3 SÓLIDOS TOTAIS VOLÁTEIS

Nas Figuras 6 e 7, observa-se os valores de sólidos totais voláteis obtidos durante o período de monitoramento das compostagens de granulometria 5.5 mm e 7mm.

Figura 6 - Valores de % STV no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 5,5 mm.

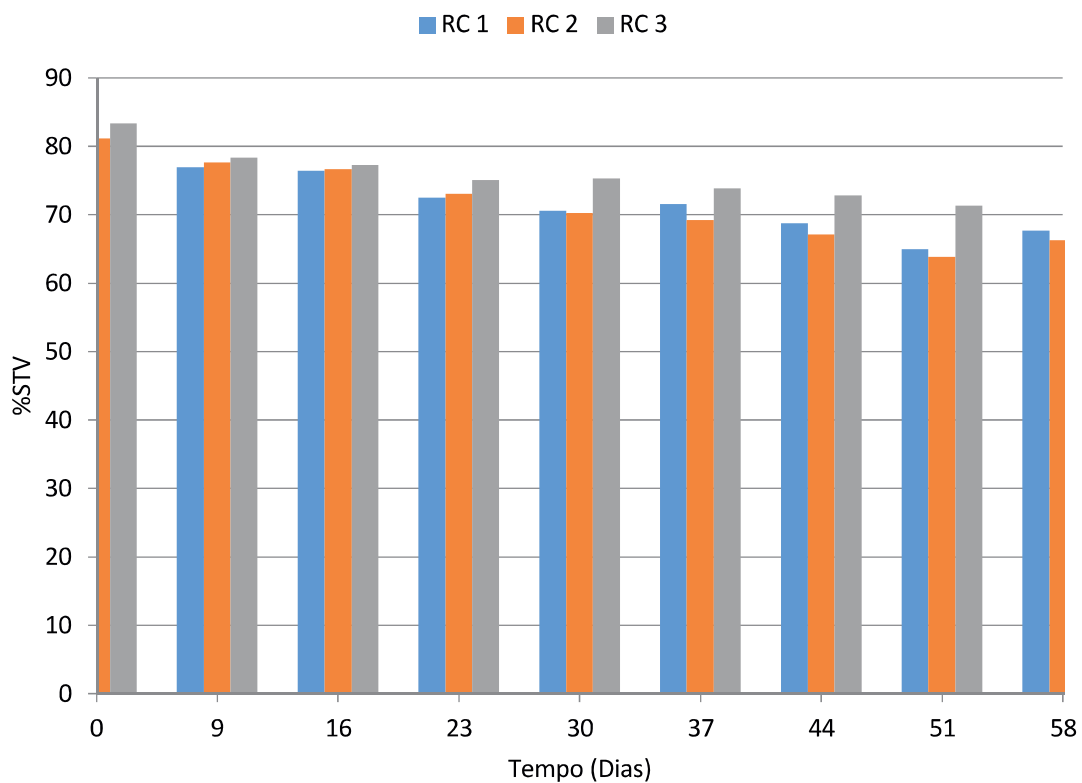
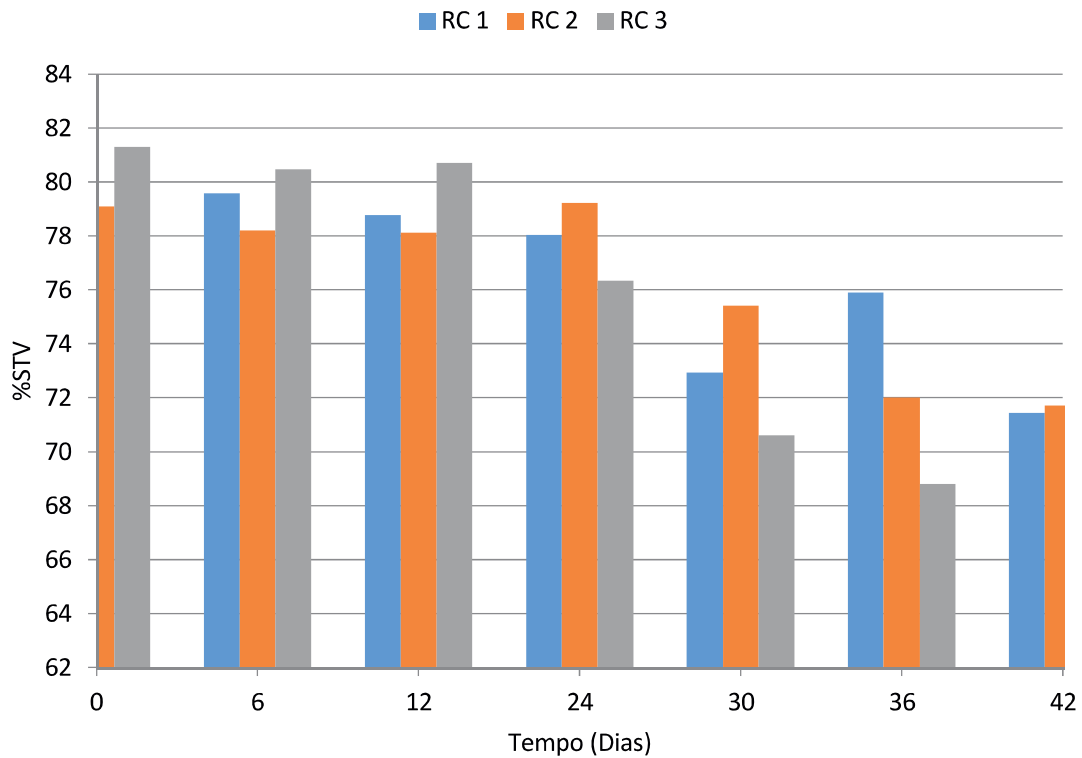


Figura 7 - Valores de % STV no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 7,0 mm.



Os valores de sólidos totais voláteis são um indicativo da degradação da matéria orgânica, como também a estabilização da massa do substrato. Ao longo da compostagem, os índices de STV tendem a diminuir, em decorrência da estabilização, reduzindo para um nível eficiente de 40% (PEREIRA NETO, 1996).

Como se pode observar no gráfico, os resultados foram satisfatórios, com a gradativa diminuição do percentual dos sólidos totais voláteis.

5.1.4 TEOR DE UMIDADE

Nas Figuras 8 e 9, observa-se os valores de teor de umidade obtidos durante o período de monitoramento das compostagens de granulometria 5.5 mm e 7mm.

Figura 8 - Valores de teor de umidade no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 5,5 mm.

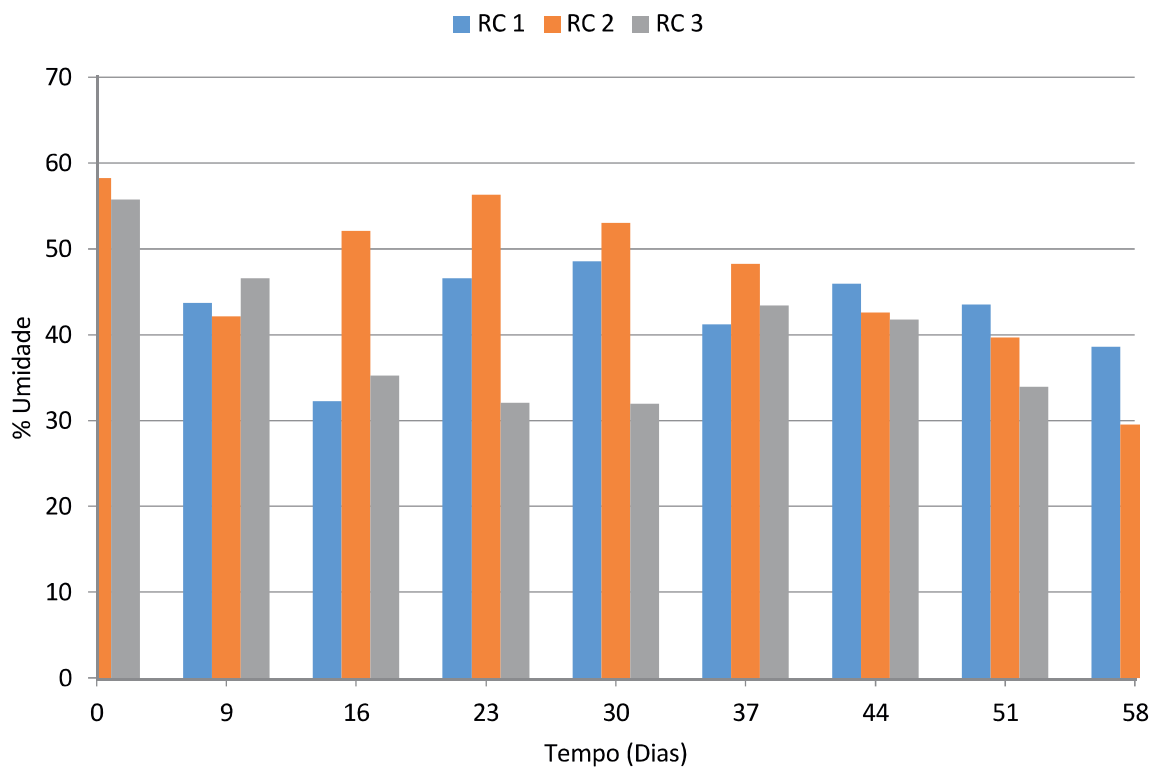
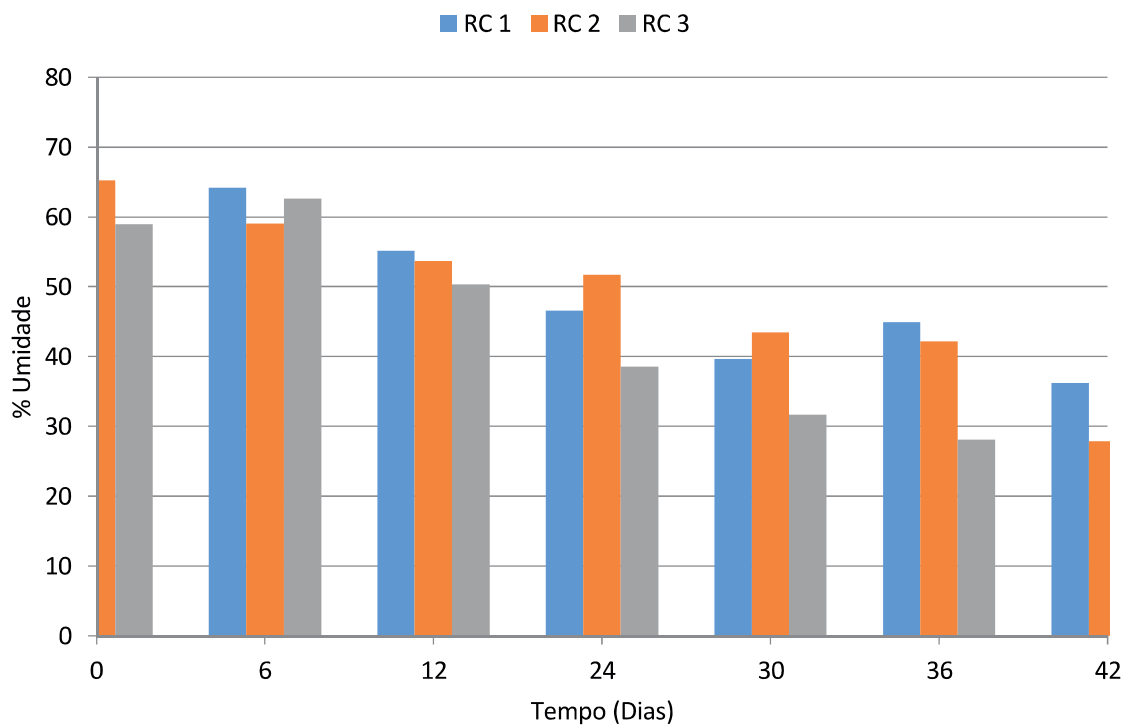


Figura 9 - Valores de teor de umidade no decorrer dos dias nos RC com RSO de granulometria 7,0 mm.



De acordo com as figuras 8 e 9, o teor de umidade no início foi elevado devido ao alto teor de umidade das frutas frescas, porém já em estado de decomposição devido ao longo tempo de espera antes da coleta, mas ao passar dos dias essa umidade foi diminuindo e ficou abaixo de 40% algumas vezes, o que fez necessário corrigir esse teor de umidade para 50%, essa diferença entre os valores de pH pode ser relacionada ao clima em que se encontrava onde os chuvosos interferiam nessa umidade.

5.1.5 TEMPERATURA

Nas Figuras, observa-se os valores de temperatura obtidos durante o período de monitoramento dos reatores orgânicos de granulometria 5.5 mm e 7mm.

Figura 10 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 1 em relação a topo x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.

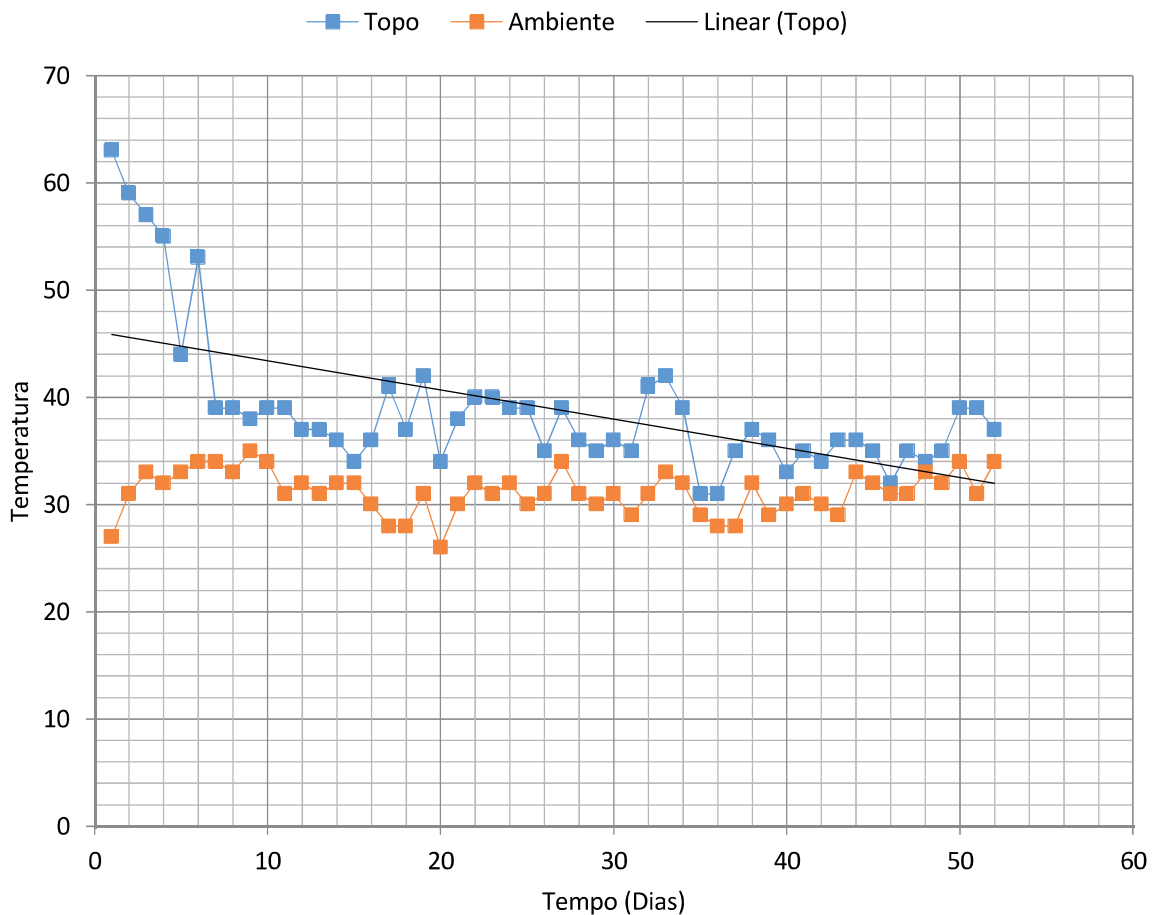


Figura 11 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 1 em relação a centro x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.

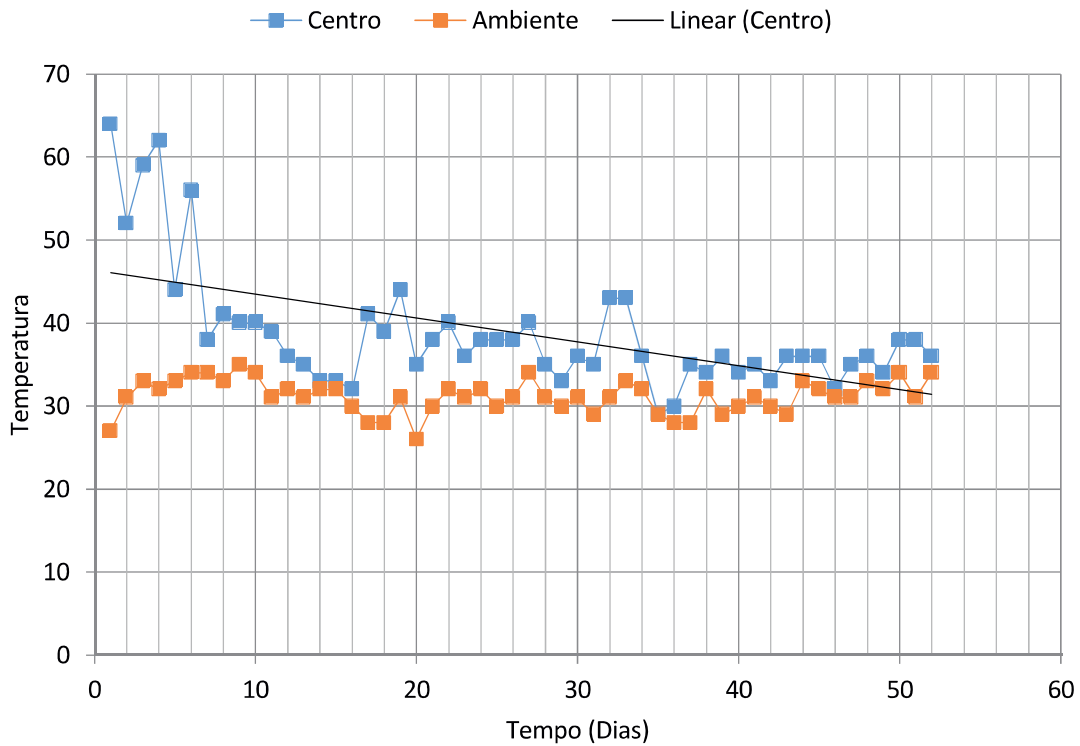


Figura 12 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 1 em relação a base x ambiente x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.

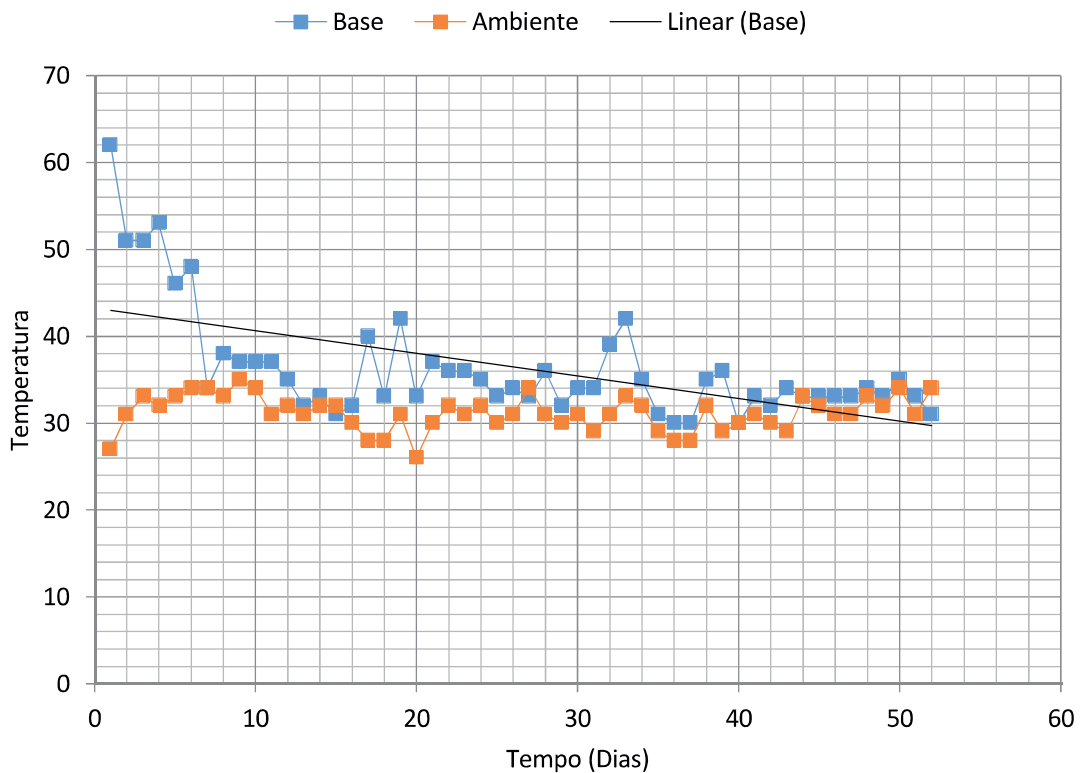


Figura 13 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 2 em relação a topo x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.

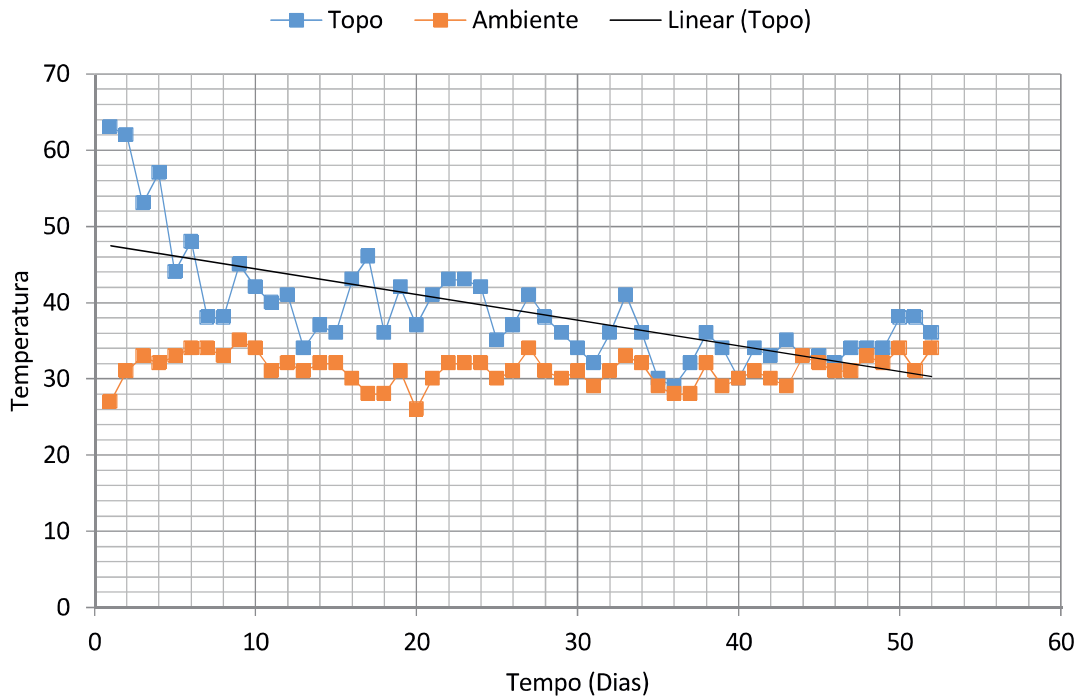


Figura 14 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 2 em relação a centro x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.

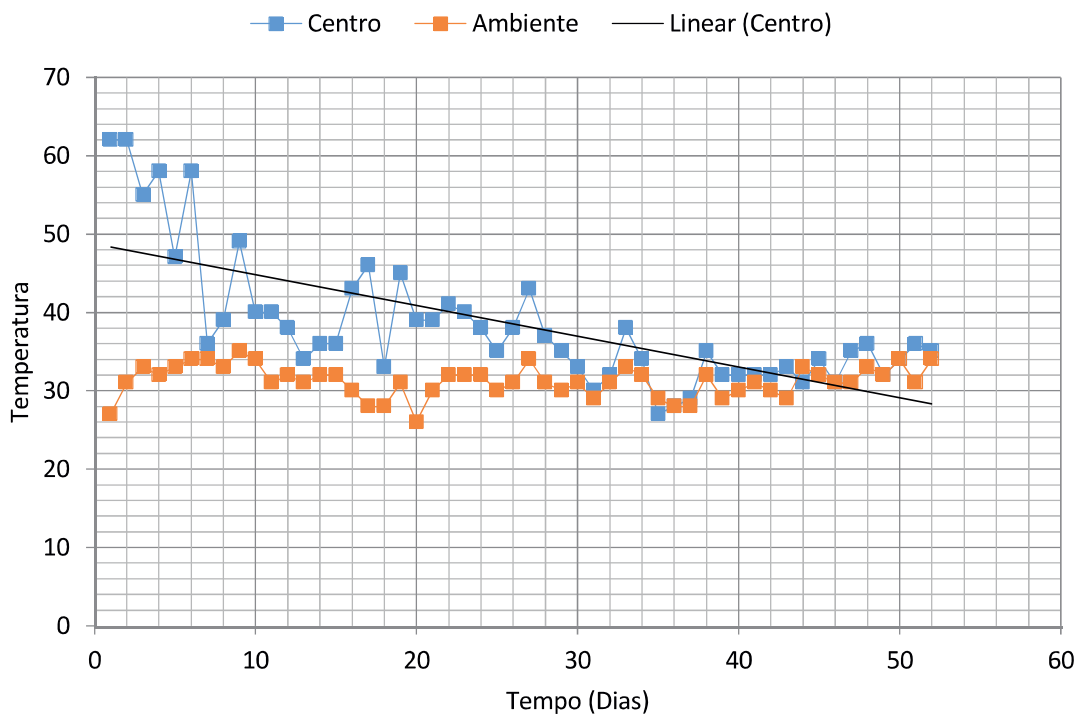


Figura 15 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 2 em relação a base x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.

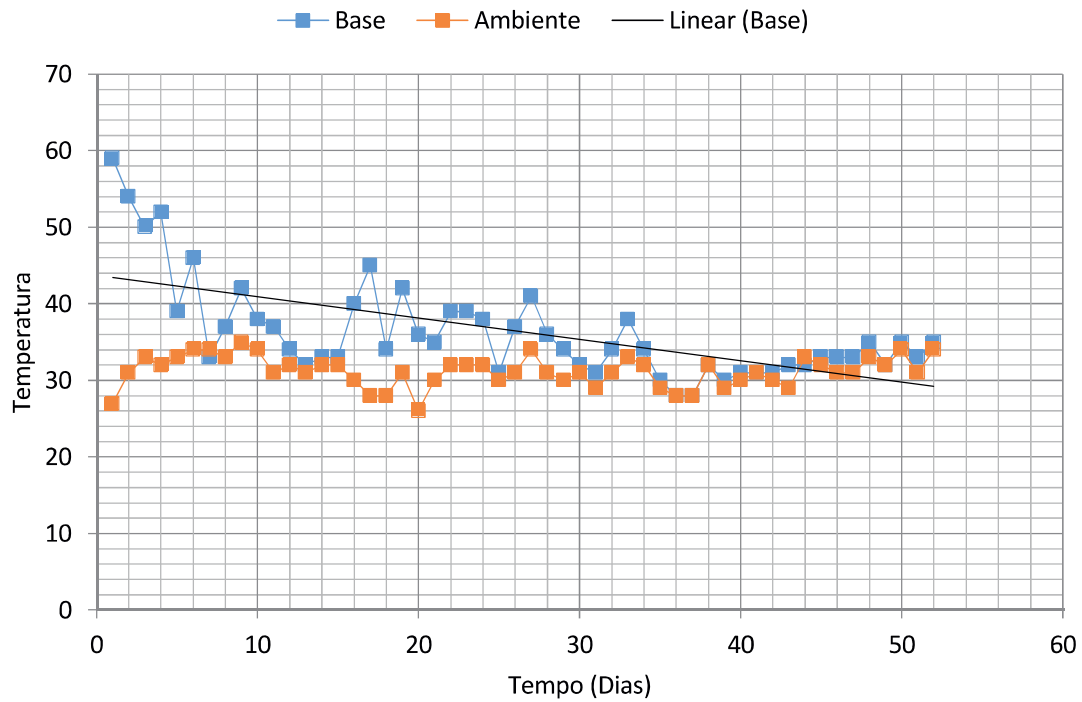


Figura 16 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 3 em relação a topo x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.

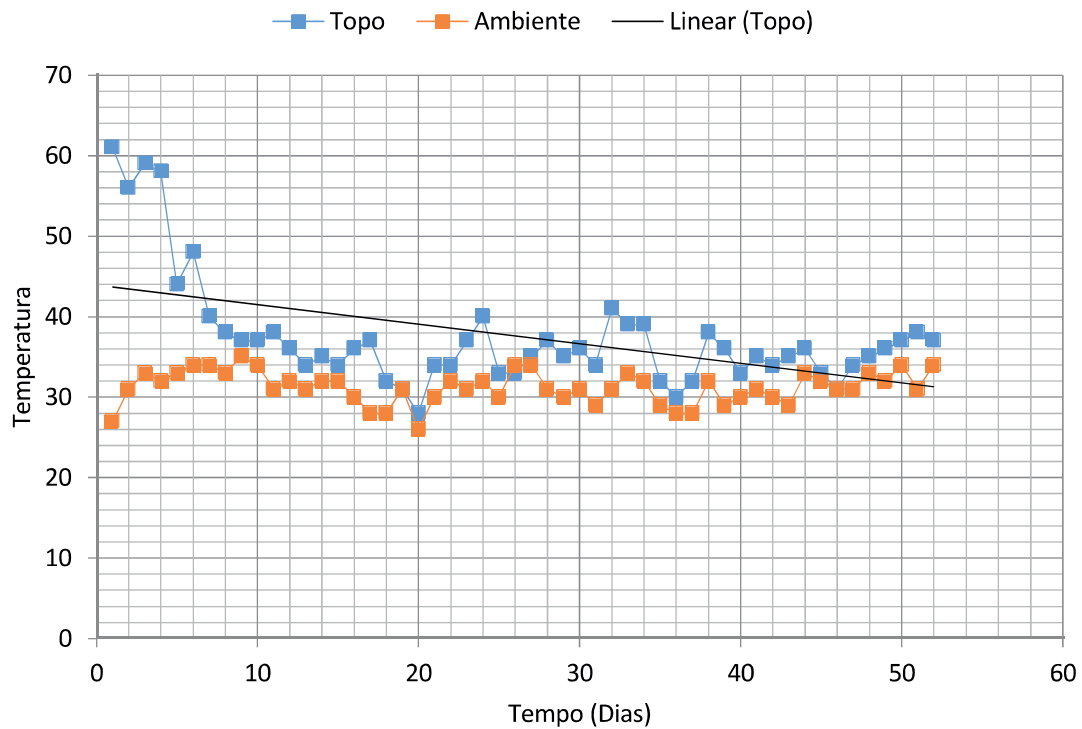


Figura 17 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 3 em relação a centro x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.

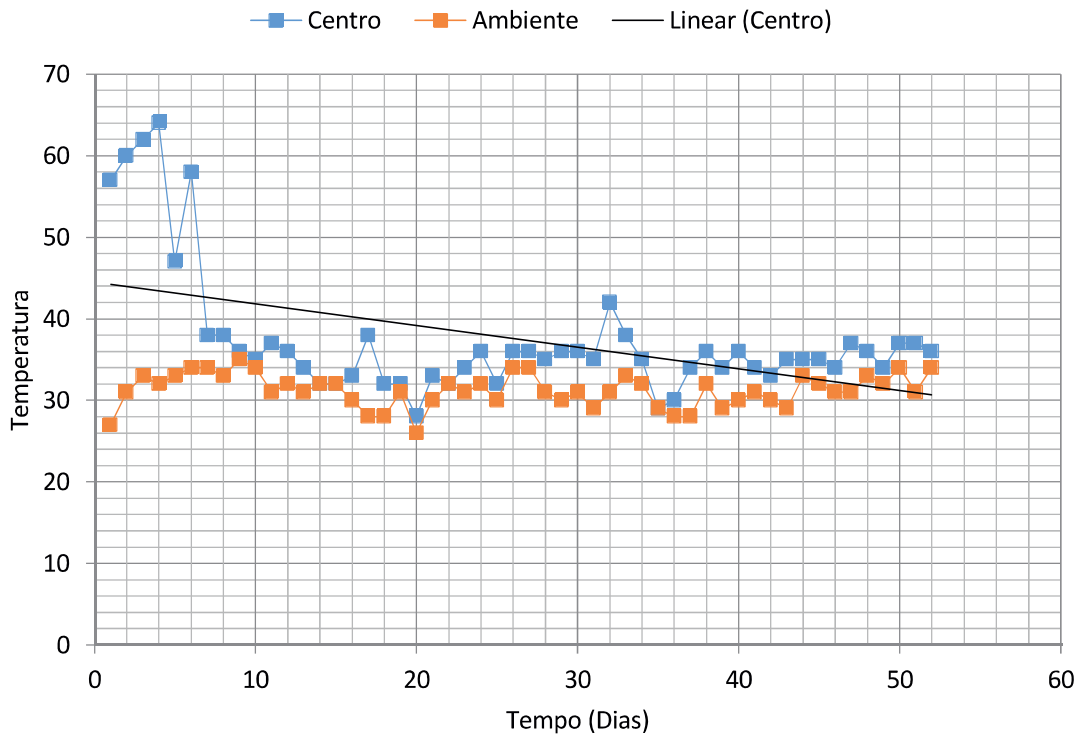


Figura 18 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 3 em relação a base x ambiente com RSO de granulometria 5,5 mm.

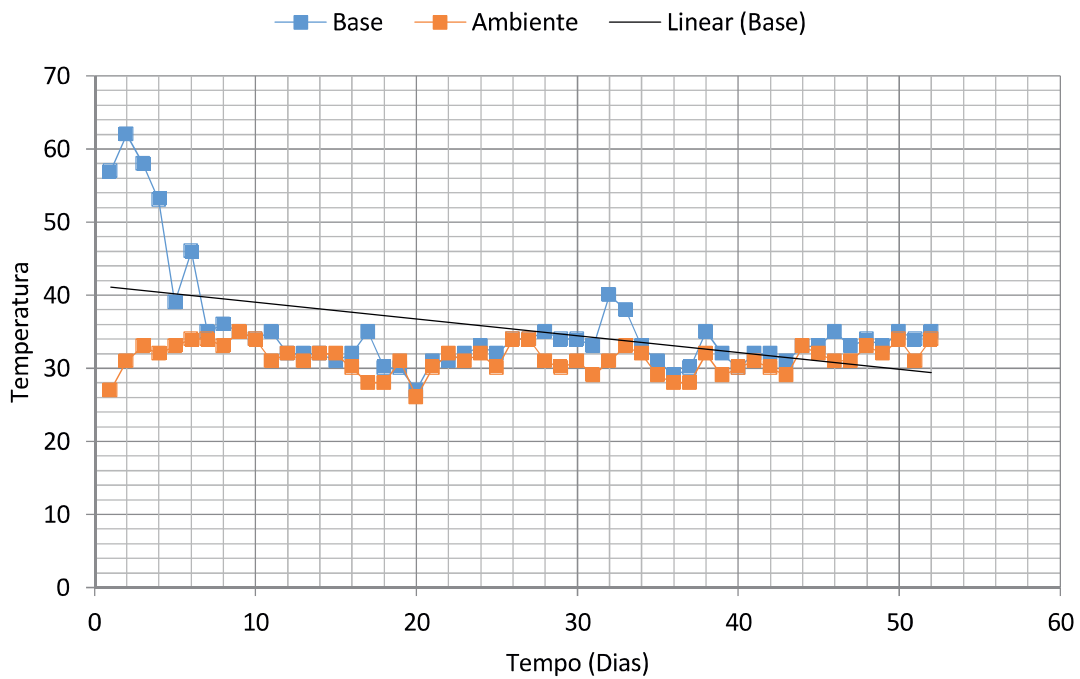


Figura 19 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 1 em relação a topo x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.

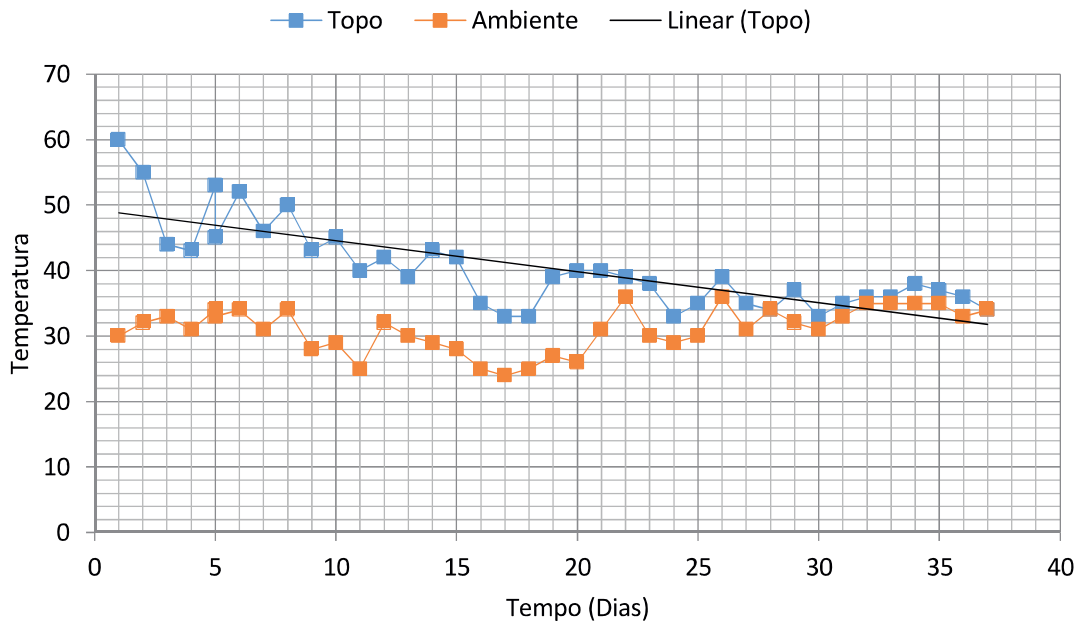


Figura 20 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 1 em relação a centro x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.

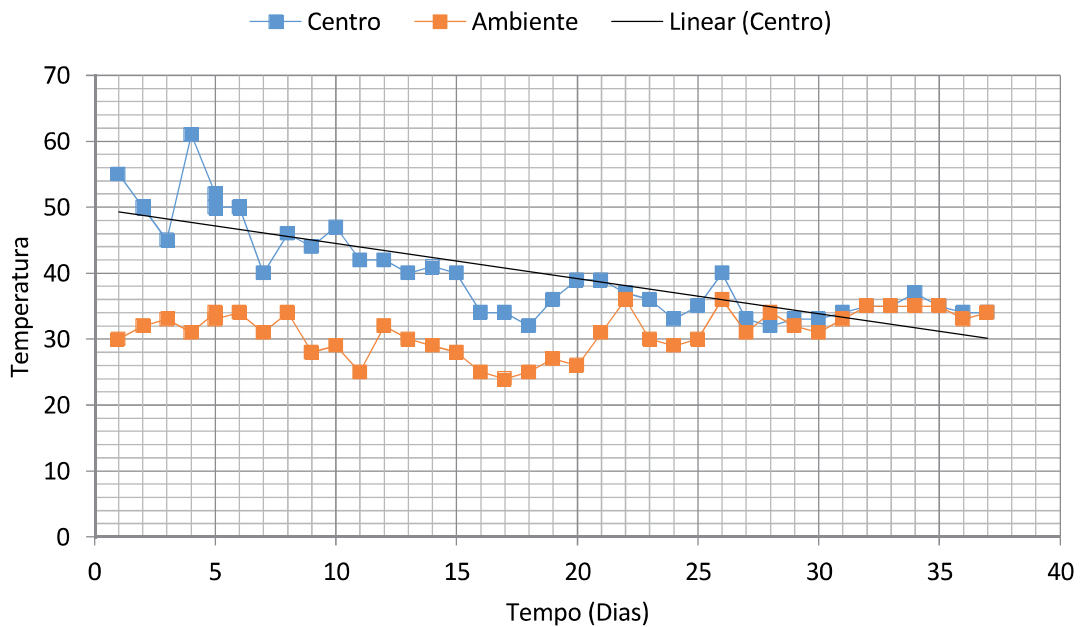


Figura 21 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 1 em relação a base x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.

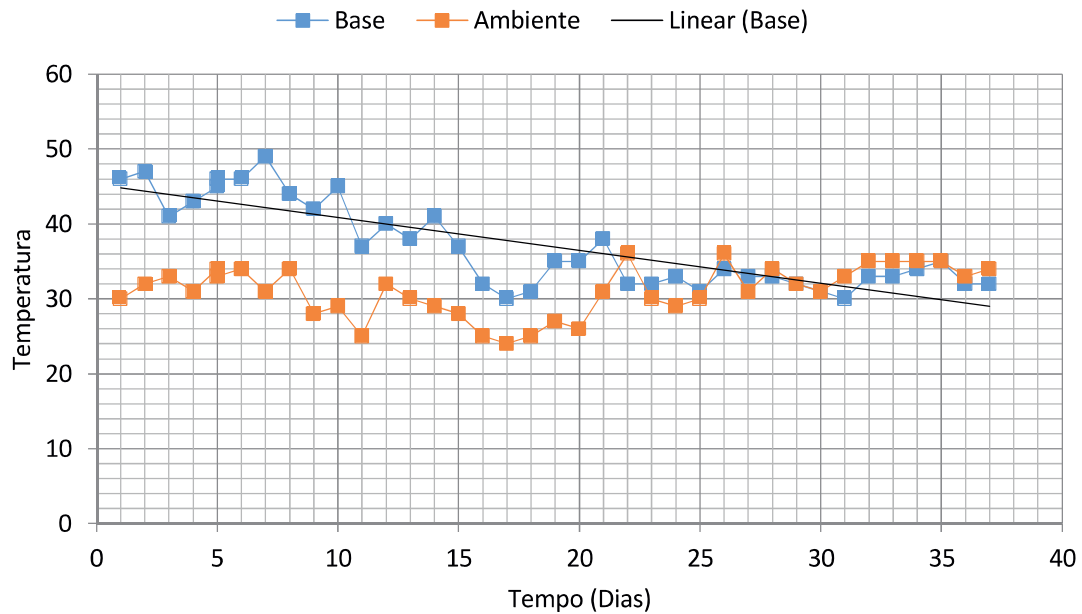


Figura 22 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 2 em relação a topo x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.

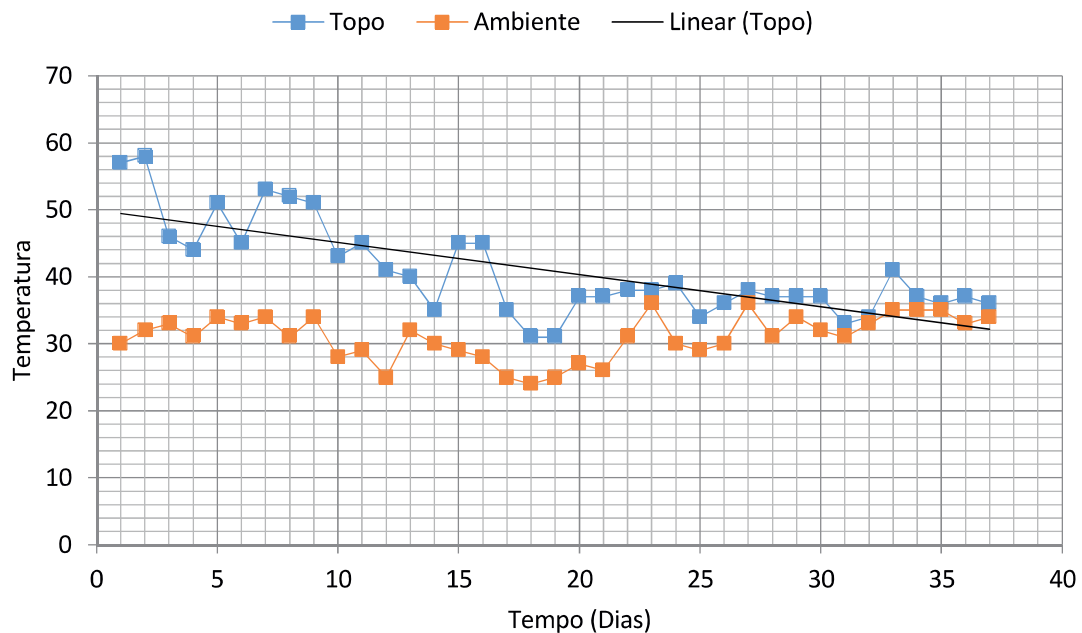


Figura 23 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 2 em relação a centro x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.

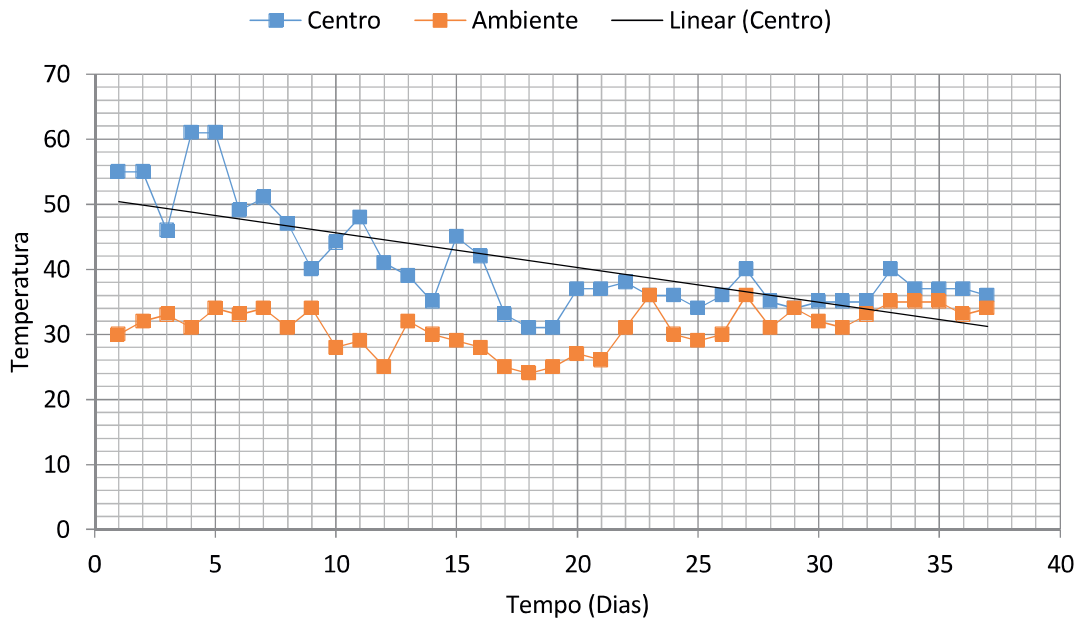


Figura 24 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 2 em relação a base x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.

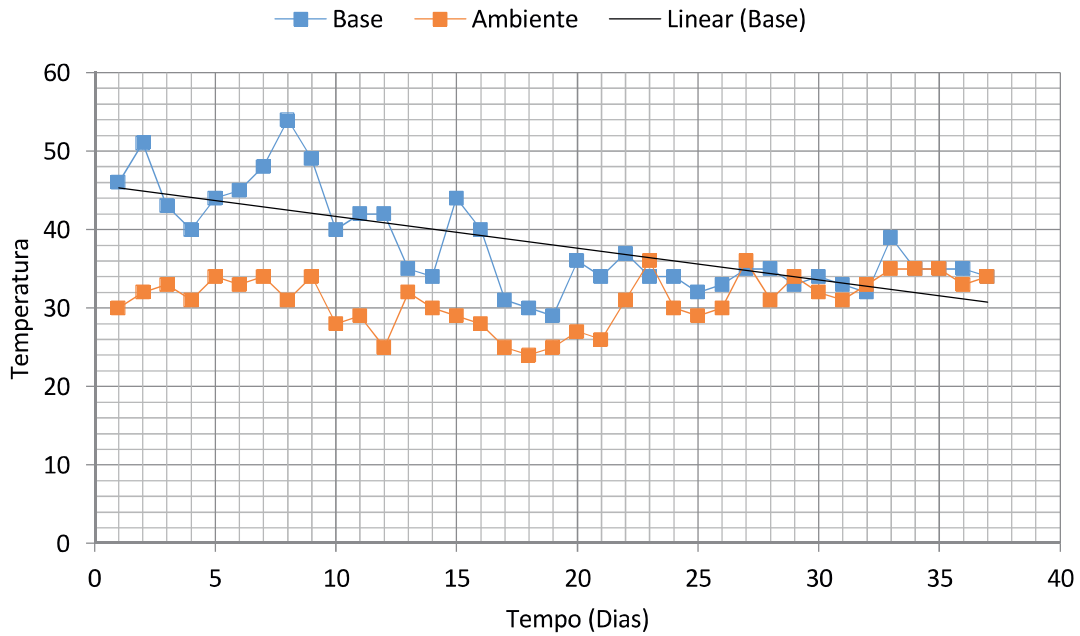


Figura 25 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 3 em relação a topo x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.

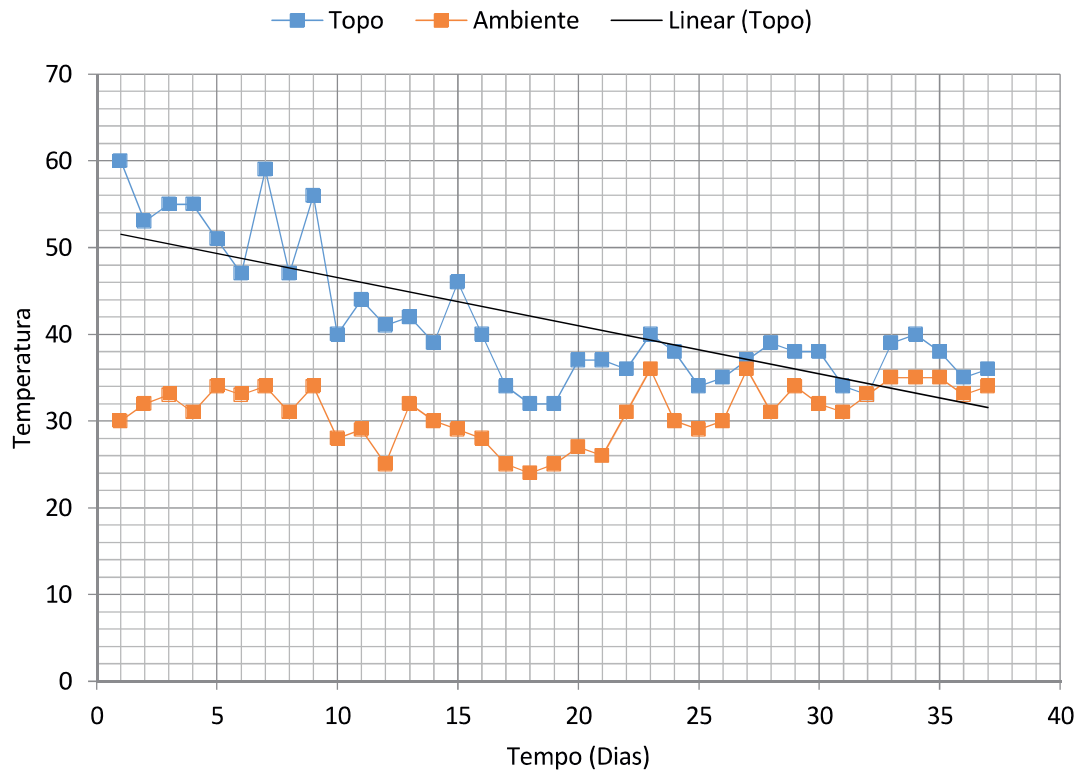


Figura 26 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 3 em relação a centro x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.

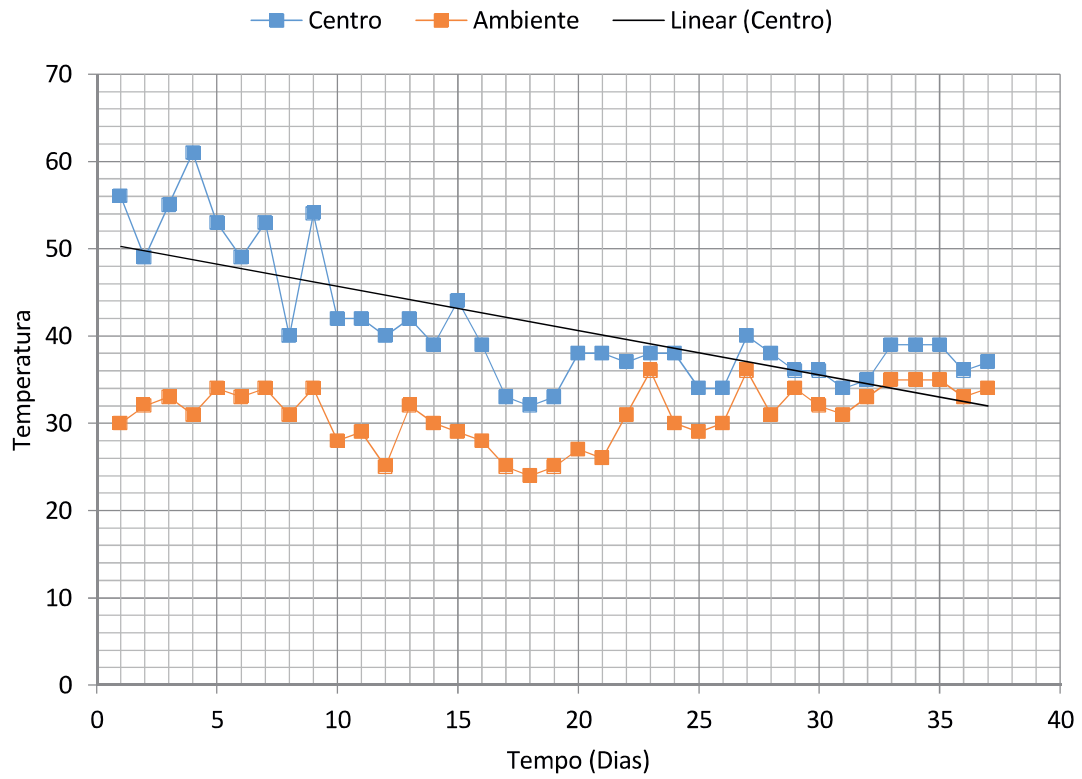
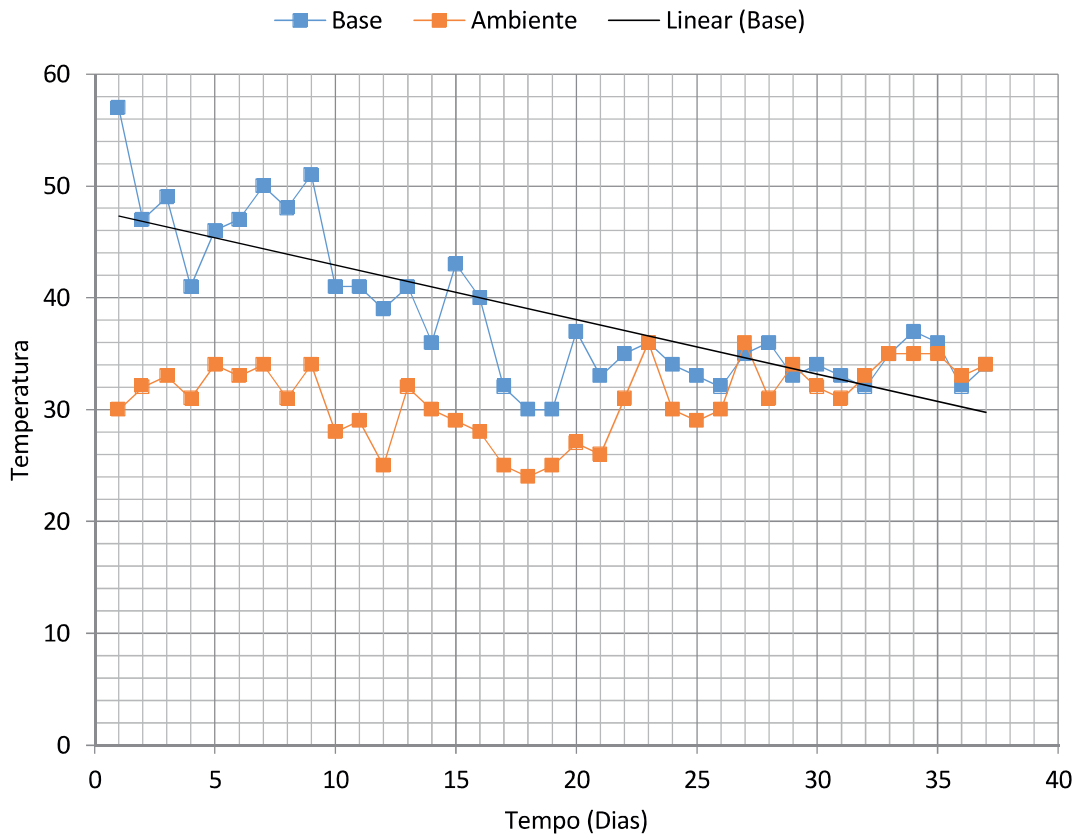


Figura 27 - Valores de temperatura no decorrer dos dias do RC 3 em relação a base x ambiente com RSO de granulometria 7,0 mm.



A temperatura é considerada por muitos pesquisadores como o mais importante indicador da eficiência do processo de compostagem, estando intimamente relacionada com a atividade metabólica dos microrganismos, a qual é diretamente afetada pela taxa de aeração (VALENTE *et al.*, 2009).

No decorrer da fase termófila, pode-se perceber a presença de larvas que pode ser relacionado às moscas que depositavam seus ovos nos RC quando os RC estavam abertos durante do dia.

Durante todo o processo de compostagem a temperatura é um fator variável que indica a eficiência do sistema, tal calor provem da oxidação biológica da matéria orgânica pelos organismos participantes desse processo, do qual realizam metabolismo exotérmico (TEIXEIRA *et al.*, 2005; LEITÃO *et al.*, 2008).

Segundo Gomes (2011), o calor dissipado durante o processo de compostagem depende da taxa de arejamento e o nível de isolamento do sistema. Essa energia desprendida na forma de calor pelos organismos exotérmicos, para Bidone (2007) evidencia o

aquecimento natural dos RC na compostagem, e, sobretudo a importância de controlar os valores térmicos, uma vez, que temperaturas muito altas podem destruir a plena atividade desses organismos.

Como apresentado nos gráficos anteriormente expostos, a temperatura no início da compostagem estava na fase termofílica, o que pode ser diretamente relacionado a fermentação da matéria prima já na seleção da mesma.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, os resultados obtidos em laboratório ficaram dentro dos padrões, onde a temperatura teve um início já em fase avançada e pH mais básico indicando que a biodegradação já havia tido início devido ao estado de maturação da matéria-prima coletada.

Contudo a compostagem de resíduos sólidos orgânicos se mostrou um excelente processo para a produção de fertilizante orgânico, além de ter um baixo custo em relação aos demais processos reciclagem, devido ao tempo de digestão da matéria prima em relação ao custo-benefício da mesma.

Diante dos pontos trabalhados e dos argumentos lançados neste trabalho torna-se possível afirmar que todos esses conceitos apresentados solidificam o conhecimento do químico industrial e contribuem para elevação sua experiência profissional. Bem como, que as análises realizadas no laboratório da EXTRABES são de extrema importância para o conhecimento de técnicas de compostagem e reciclagem de resíduo orgânico.

7 - REFERÊNCIAS

- BELLO, P.P.G. **Estudo da variação da porcentagem e da estimativa de geração de gás metano para o aterro sanitário do município de Rio Claro – SP**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro. 2010.

- BIDONE, F.R.A; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EESC/USP, Projeto Reenge. 1999.

- HEIDEMANN, B. R.; SILVA, E. R.; SOARES, M.; VALMA, M. B. **COMPOSTAGEM ACELERADA: ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DO COMPOSTO** – Revista Brasileira de Ciências Ambientais – número 5.

- CORRÊA, D.; PRESSI, F.P. ; JACOMETTI, M. L. G.; Spitzner, P.I. **Tecnologia de fabricação de fertilizantes orgânicos**. In: Cerri, C.C.; D. Athié. The regional colloquium on soil organic matter studies. Proceedings... São Paulo. p. 217-222. 1982.

- DIAZ, L. F; BERTOLDI, M; BIDLINGMAIER, W.; STENTIFORD, E. **Compost science and technology**. Waste management: Elsevier,v.8, 2007.357p.

- ECycle – **Sua pegada mais leve**. <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/63-meio-ambiente/2567-ph-compostagem-compostar-composteira-influencia-potencialhidrogenionico-vermicompostagem-seca-acido-alcalino-neutro-materiais-parametros-dicas-fatores-alternativa-variacao-frutas-citricas-aeracao-adquirir.html>> Acesso em 01/08/2017

- FADIGAS, F. S. et al., **Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos de fumo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.14, n° 7, 2010.

- FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **MANUAL PRÁTICO PARA A COMPOSTAGEM DEBIOSSÓLIDOS**, PROSAB, 1998.

- FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual prático de compostagem de biossólidos**. Londrina: UEL, 2005.
- FERNANDES, P. A. L. **Estudo Comparativo e Avaliação de Diferentes Sistemas de Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos**. 1999. 128p Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de Coimbra. Coimbra, 1999.

- GOMES, A. P. O. **Monitorização de uma instalação laboratorial de compostagem**. 2011. 77f. Dissertação (Mestrado integrado em engenharia química) - Universidade de Coimbra, 2011.

- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)**. 2010b ABNT **Norma Brasileira**, 2004.

- INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156p. v. 1.

- IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)**, 2012.

- JIMENEZ, E. I.; GARCIA, V. P. **Evaluation of city refuse compost maturity: a review**. 1989.

- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985.

- KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 4º ed. Piracicaba, SP, 2004.

- LEITE, V. D.; DANTAS, A. M. M.; PRASAD, S.; LOPES, W. S.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; SOUSA, J. T. **Comportamento dos Sólidos Totais em Reator Anaeróbio Tratando Resíduos Sólidos Orgânicos**. **Anais**. XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Cacún. Mexico. 2002.

- LEITÃO, V. P. M.; MOTA, S.; SILVA, J. C. da C.; LIMA, C. R. de; SILVA, L. A. **Análise da Temperatura na produção de composto orgânico de folhas de cajueiro e de mangueira. In XIII Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.** 2008, Belém. Anais... Belém: ABES, 2008.
- MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares.** São Carlos, 2008.
- NOGUEIRA, W. A.; COSTA, D. D. **Variação da temperatura na compostagem de resíduos sólidos orgânicos.** Espírito Santo, 2011.
- NUNES, M. U. C. **Compostagem de resíduos para a produção de adubo orgânico na pequena propriedade.** Circular Técnica 59. Embrapa, 2009.
- OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M.; NETO, M. T. C. **Compostagem Caseira de Lixo Orgânico Doméstico.** Circular Técnica 76. Embrapa, Bahia, 2005.
- PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem – Processo de baixo custo.** Belo Horizonte: Fundo das Nações Unidas para a Infância, UNICEF, 1996.
- PEREIRA, J.T. N. **Manual de compostagem: processo de baixo custo.** UFV. Viçosa. 81 p. 2007.
- PIRES, A. B. **Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema de Compostagem Acelerada para Resíduos Sólidos Urbanos.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo). Passo Fundo, 2011.
- PIRES, C. S. **O tratamento dos resíduos orgânicos como cumprimento da Política Nacional dos Resíduos Sólidos: Análise dos planos municipais da alta bacia do Tietê. Mestrado em Ciências, Programa de Engenharia Hidráulica e Saneamento.** Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2013.

- PEIXOTO, R. T. G. **Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo.** IAPAR. Londrina. 46 p. 1988.

- RODRIGUES, M.S.; SILVA, F.C.; BARREIRA, L.P.; A. KOVACS. **Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos.** In: Spadotto, C.A.; Ribeiro, W. Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria. FEPAF. Botucatu. 2006.

- PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais.** Nobel. São Paulo. 535 p. 1981.

- SILVA, M.C.; PINTO, F.; SILVA, E.A.; PEREIRA, M. **Compostagem em Portugal. Escola Superior de Biotecnologia,** 2003.

- SILVA, S. M. C. P.; FERNANDES, F. **Co-compostagem de biossólidos, lodo de tratamento de água e resíduos de podas de árvores.** In " XXVI Congresso Interamericano de Ingenieriasanitaria y ambiental", 1-5 de novembro de 1998, Lima , Perú, Anais...pg 51, 1998.

- Sua Pesquisa – **Lixo brasileiro**<<http://www.suapesquisa.com/ecologiasaude/lixo.htm>> acesso em 19 de julho de 2017.

-TAVARES, G. F. **FATORES QUE INFLUÊNCIAM O PROCESSO DE COMPOSTAGEM** ,UFMT, 2011.

- TEXEIRA, L. B; GERMANO, V. L.C; OLIVEIRA, R.F; FURLAN. JR.J. **Processo de Compostagem Usando Resíduos das Agroindústrias de Açaí e de Palmito do Açaizeiro. Circular Técnica.** Belém- PA, 2005. ISSN 1517, 211, p. 01-06.

- TELLES, C. A. S. **Processos Combinados Para O Tratamento De Lixiviado De Aterro Sanitário.** Rio de Janeiro, 2010.

- TRAUTMANN, N. M.; KRASNY, M. E. **The science of composting.** EUA: Cornell University, 1997.

-TURNER, C. **The thermal inactivation of E. coli in straw and pig manure.**Bioresource Technol., 84: 57-61. 2002.

- VALENTE, B.S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, T.B.G.A.; JAHNKE, D.S.; BRUM JR., B. S.; CABRERA, B.R.; MORAES, P. O.; LOPES, E D.C.N. **FATORES QUE AFETAM O DESENVOLVIMENTO DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS.**2009.

- MILLER, F.C. **Composting as a process base don the control of ecologically selective factors.** In: Meeting, F.B. Soil Microb. Ecol., 18: 515-543. 1992.

- RIFFALDI; R., R. LEVI-MINZI, A. P.; BERTOLDI, M..**Evaluation of compost maturity by means of chemical and microbial analyses.**Waste Manage. Res., 4: 96-387, 1986.

- ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M..**Specification for sold waste compost. In: The biocycle guide to the art & science of composting.** J.G. Press. Emmaus.p. 200-205, 1991.

