
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

CAROLINE OLIVEIRA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE
PERCOLADO BRUTO E TRATADO
FOTOELETROQUIMICAMENTE DE ATERRO
SANITÁRIO NO DESENVOLVIMENTO DA ESPÉCIE
Heliantyhus annuus L.**

CAROLINE OLIVEIRA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE PERCOLADO
BRUTO E TRATADO FOTOELETROQUIMICAMENTE DE ATERRO
SANITÁRIO NO DESENVOLVIMENTO DA ESPÉCIE *Helianthus
annuus* L.**

Orientador: Peterson Bueno de Moraes

Co-orientador: Ederio Dino Bidoia

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio Claro, para obtenção do grau de Bacharela e Licenciada em Ciências Biológicas.

Rio Claro
2014

604.6
S586a Silva, Caroline Oliveira da
Avaliação do potencial de utilização de percolado bruto e tratado fotoeletroquimicamente de aterro sanitário no desenvolvimento da espécie *Helianthus annuus* L. / Caroline Oliveira da Silva. - Rio Claro, 2015
60 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura e bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Peterson Bueno de Moraes
Coorientador: Ederio Dino Bidoia

1. Resíduos. 2. Chorume. 3. Tratamento eletroquímico. 4. Irrigação de girassol. 5. Reaproveitamento de lixiviado. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

Dedido a quem tem sede de voar, a quem sabe voar e a não perder nenhuma dessas.

À vocês minhas filhas.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por fortalecer meu espírito nessa jornada acadêmica e principalmente pela conclusão deste trabalho.

Agradeço aos meus pais Miriam e Júnior pelo apoio, dedicação e paciência durante todos esses anos de Universidade, sem esse apoio nada disso teria se finalizado, nenhum trabalho desenvolvido, nenhuma prova feita e nem mesmo a aprovação do vestibular. A jornada foi longa, cheia de caminhos complicados, mas a finalização é a maior recompensa. Um novo ciclo de começa, uma nova jornada me espera.

Agradeço aos meus avós Ilda, Sebastião, Neide e José Carlos (*in memoriam*) pelo infinito apoio, que juntamente com meus pais foram essenciais para minha permanência na Universidade. Em especial ao meu avô Zê Carlos, que onde ele estiver nesse momento estará sorrindo e tocando seu violão, alegrando todos, assim como alegrava e acalmava meu coração. À minha vizinha e madrinha Ilda que apoiou e ajudou nas horas mais difíceis, e que nunca reclamou de doar seu tempo e sua força. Sem o exemplo dessa mulher guerreira, espirituosa e elevada da graça de Deus, esse trabalho não teria sido finalizado. Vó, obrigada pelas orações e bênçãos, com certeza a senhora é um espírito elevado, que têm uma permanência extremamente importante nessa vida. Doar sem receber, ajudar sem reclamar, amar verdadeiramente sem julgar, poucas, poucas pessoas são elevadas assim.

Agradeço ao meu marido lindo, por dentro e por fora, pela paciência, conversas e apoio durante todos esses anos. Sem o seu amor eu nada seria. Você entrou na minha vida e foi a melhor coisa que aconteceu durante esses 6 anos. Me deu dois presentes especiais, a Sofia e a Luiza, dois amores que mudaram meu ser, minha vida toda. Obrigada minhas filhas pela paciência e pelo sorriso diário. Que vocês possam ver esse trabalho sendo cumprido e levem como exemplo de determinação e força para não desistirem de nada que desejam. Sonhem bastante e lutem por aquilo que acreditam, com cabeça erguida, simplicidade e muita, mais muita honestidade, uma exceção nesse país.

Agradeço de coração aos meus sogros, Carlos, Myrian, Suzana e Jorge, pela paciência e apoio incondicional. Por acreditarem na conclusão desse trabalho e, principalmente por acreditarem na minha família, no amor que envolve essa família (André, Carol, Sofia e Luiza), sendo esse amor muito especial e sincero. Obrigada por tudo.

Agradeço aos meus tios, aos meus parentes que sempre me deram muita força e acreditaram que isso tudo podia se tornar realidade, como se tornou finalmente. Em especial a minha tia Lú, pelas conversas, apoio e sensibilidade. Você é um espírito de bondade Lú, é

especial. À tia Denise pela força e ajuda. Ao irmão Lucas por simplesmente existir. Todos são muito importantes. Agradeço a família toda.

Agradeço as minhas amigas e aos meus amigos que passaram pela minha vida durante todos esses anos, e farão parte dela durante muito tempo. Mesmo longe, sempre perto. Em especial à Carioca, à Luá e a Brisa (*in memoriam*) pela convivência maravilhosa, pelo aprendizado, pela paciência, pelas conversas e pelas risadas na República Praia. Foi extremamente importante a convivência com vocês. À minha amiga Amanda pelo companheirismo desde o início de tudo em Jaboticabal. Você é muito especial amiga. A todos os amigos de Jaboticabal, que levo comigo, com carinho e muitas saudades. A todos os amigos de Rio Claro pelo apoio, carinho e risos.

Agradeço ao orientador, Peterson, pelo tempo dedicado e pela paciência durante a realização deste trabalho. Agradeço aos técnicos, Geraldo e Gilberto, pelas idas intermináveis ao aterro. Pela paciência e ajuda. Obrigada pela preocupação e tempo dedicados. Agradeço à Junia pela amizade e horas no laboratório, no qual foi muito importante para realização deste trabalho.

Agradeço a todos os meus professores da Unesp de Rio Claro e da Unesp de Jaboticabal, incentivadores do conhecimento e que foram essenciais para despertar ainda mais o desejo de tornar-se bióloga. Cada um com seu conhecimento e singularidade.

Agradeço a Unesp e a Faculdade de Tecnologia de Limeira pelo espaço cedidos, a segunda casa do universitário, com certeza é a Universidade. Agradeço a todos os funcionários dessas instituições pelas orientações, conversas e ajudas. Agradeço enormemente à EMBRAPA por disponibilizar as sementes do girassol.

Agradeço a Deus novamente por colocar cada uma dessas pessoas dentro da minha vida e durante esta jornada maravilhosa de sonhos, desejos, sorrisos, tristezas, decepções e realizações. E que por ventura, eu tiver esquecido alguém, que esse alguém seja automaticamente incluído nesses agradecimentos, nessa homenagem sincera.

Um ciclo se fecha para outro iniciar. Muito obrigada.

“Ser um biólogo não significa ter um emprego; significa escolher um estilo de vida.” – Ernst Mayr (Isto é biologia – a ciência do mundo vivo).

RESUMO

Os processos de decomposição dos resíduos sólidos resultam em uma importante fonte de poluente tóxico, o percolato, usualmente denominado de chorume, podendo causar graves impactos ambientais em ecossistemas vizinhos, se não for drenado e tratado adequadamente. No tratamento eletrolítico de efluentes aquosos, os poluentes sofrem degradação oxidativa. Visando o tratamento do percolato de aterro sanitário, foram analisados os parâmetros de pH, temperatura, DQO, condutividade, amônia e absorvância, utilizando-se de uma densidade de corrente de 125 mA.cm⁻². As regas na espécie *Helianthus annuus* L., girassol da família Asteraceae, foram realizadas durante 95 dias com 11 tratamentos do percolato bruto e tratado em concentrações de 25, 50, 75 e 100% de percolato com a adição de Na₂SO₄, esta última concentração também sem adição de Na₂SO₄, a fim de avaliar a sobrevivência e o crescimento dessa espécie. Ao final do experimento, os valores de crescimento mais expressivos foram para o percolato 100% sem Na₂SO₄ mostrando que: a altura total obteve uma diferença em 27% menor no tratado; o diâmetro da base do caule mostrou uma diferença 45% menor do tratado em relação ao bruto; o número de folhas foi de 65% menor e área foliar de 51% menor do tratado em relação ao bruto, indicando que mesmo em crescimento o Grupo Tratado permaneceu menor durante a maioria das medidas das variáveis biométricas do girassol BRS 323. Todos os vasos regados com chorume tratado tiveram uma redução no peso seco das partes aéreas, chegando a uma redução média de 72% na concentração 100% de chorume sem a adição de Na₂SO₄.

Palavras-chave: Chorume de aterro sanitário. Tratamento eletroquímico. Irrigação de girassol. Reaproveitamento de lixiviado.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Diagrama das fases e estádios do ciclo de vida do girassol	17
Figura 2. Fotos dos estádios de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do girassol.....	18
Figura 3. Foto da lagoa pulmão	23
Figura 4. Diagrama esquemático do reator fotoeletrolítico	24
Figura 5. Foto do sistema fotoeletroquímico e diagrama do reator eletroquímico em detalhe.....	24
Figura 6. Absorbância em função do comprimento de onda para o chorume 75% bruto e 75% tratado	32
Figura 7. Redução percentual de absorbância (Abs) em 465 nm, após 60 min. de tratamento em todas as concentrações de percolado, com e sem a adição do eletrólito Na ₂ SO ₄	33
Figura 8. Fotos da Redução de Cor do percolado após 60 min. de tratamento.	34
Figura 9. Fotos do teste de germinação em placas de Petri com as sementes do girassol BRS 323, após 10 dias da semeadura.....	34
Figura 10. Foto esquemática dos vasos	37
Figura 11. Fotos do girassol no 35° dia após o plantio das sementes	39
Figura 12. Gráfico da altura média total (HT) do girassol, em cm, realizadas no 35°, 55° e 75° dia após a semeadura, em relação aos tratamentos com o chorume.	42
Figura 13. Fotos do girassol no 55° dia após o plantio das sementes	43
Figura 14. Gráfico do Diâmetro médio da Base do Caule (DBC), mm, em relação aos tratamentos de todas as medições realizadas	46
Figura 15. Gráfico da média do Número de Folhas (NF), em relação aos tratamentos de todas as medições realizadas	46
Figura 16. Gráfico da média da Altura Foliar, cm ² , em relação aos tratamentos de todas as medições realizadas	47
Figura 17. Foto do girassol BRS 323 no 75° dia após a semeadura.....	47
Figura 18. Gráfico da média do peso seco das partes aéreas, em g, em relação aos tratamentos.....	51
Figura 19. Gráfico da média do peso seco das partes subterrâneas, em g, em relação aos tratamentos.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais características, indicações de cultivo e épocas de semeadura do híbrido BRS 323.....	15
Tabela 2. Características botânicas e agronômicas gerais do girassol.....	16
Tabela 3. Análises físico-químicas do solo retirado do Aterro Sanitário de Limeira.....	29
Tabela 4. Parâmetros físico-químicos do percolado bruto (B) e tratado (T) eletroquimicamente com 100%, 75%, 50% e 25% de concentração de chorume; sem adição de Na ₂ SO ₄ e com adição de Na ₂ SO ₄ como eletrólito.....	29
Tabela 5. Valores das variáveis biométricas do girassol no 35° dia após o plantio das sementes.....	38
Tabela 6. Valores das variáveis biométricas do girassol no 55° dia após a semeadura mostra Altura Total (HT), Diâmetro da base do Caule (DBC), Número de Folhas (NF) e Área Foliar (AF).....	41
Tabela 7. Valores das variáveis biométricas do girassol no 75° dia após a semeadura mostra Altura Total (HT), Diâmetro da base do Caule (DBC), Número de Folhas (NF) e Área Foliar (AF).....	45
Tabela 8. Avaliação da matéria seca do girassol após o término das regas. Variáveis de Peso Seco das partes Aéreas (PSA) e Peso Seco das partes Subterrâneas (PSS) em gramas (g).	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 Lixiviado de aterro sanitário.....	13
3.2 A espécie <i>Helianthus annuus</i> L.....	14
3.3 Tratamento de Lixiviado por Processos Eletrolíticos.....	19
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
4.1 Área de coleta do líquido percolado de aterro sanitário	22
4.2 Área de coleta de solo do aterro sanitário de Limeira – SP.....	23
4.3 Reator eletroquímico	23
4.4 Tratamento eletroquímico do percolado.....	24
4.5 Caracterização do percolado.....	25
4.6 Caracterização do solo e biodegradabilidade do chorume no solo.....	25
4.7 Quebra da dormência e plantio das sementes.....	26
4.8 Teste de germinação	26
4.9 Procedimentos de rega com os tratamentos.....	27
4.10 Caracterização das variáveis biométricas	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
5.1 Resultados da análise do solo	29
5.2 Parâmetros do chorume de aterro sanitário	29
5.3 Parâmetros do teste de germinação	34
5.4 Parâmetros das variáveis biométricas do girassol	37
6 CONCLUSÕES.....	54
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1 INTRODUÇÃO

O destino dos resíduos sólidos sempre foi de grande importância para os municípios, devido às questões sociais, econômicas e ambientais. A geração de resíduos sólidos no Brasil cresceu 1,3%, de 2011 para 2012, índice que é superior à taxa de crescimento populacional urbano no país no período, que foi de 0,9% (ABRELPE, 2012). O total de resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil no ano de 2011, segundo a ABRELPE (2012), foi de aproximadamente 62 milhões de toneladas, e o destino final destes resíduos foi de 60% em aterros sanitários, sendo que aproximadamente 26 milhões de toneladas tiveram destinação inadequada (aterro controlado e lixão).

Os processos de decomposição dos resíduos sólidos resultam numa importante fonte de poluentes potencialmente tóxicos, o percolato, usualmente denominado de chorume, podendo, se não for drenado e tratado adequadamente, causar graves impactos ambientais em ecossistemas vizinhos. A decomposição dos resíduos sólidos é lenta, e os poluentes originados na massa de lixo aterrada são disseminados no ambiente durante um longo período de tempo, principalmente, através dos líquidos percolados (CUNHA, 2003).

Diferentes processos têm sido utilizados no tratamento dos líquidos percolados, tais como: recirculação do lixiviado sobre o aterro e tratamentos baseados em processos químicos, bioquímicos e biológicos. Entretanto, estes processos apresentam algumas desvantagens, principalmente, devido à complexidade e variabilidade química e orgânica do percolato; além disso, podem ser susceptíveis a variação de volume, geram lodo, podem não remover cor e possuem longo período de retenção do efluente (MORAES, 2004).

Uma alternativa aos processos convencionais de tratamento do percolato são os processos oxidativos avançados (POA) que têm sido propostos para o tratamento de efluentes, que apresentam compostos refratários e substâncias persistentes. Essa tecnologia de tratamento permite aumento da biodegradabilidade, bem como diminuição da toxicidade destes efluentes, sendo também mais rápido, não gerando lodo e mantendo a eficiência mesmo com variações qualitativas do percolato (MORAES e BERTAZZOLI, 2005).

A avaliação da toxicidade de um composto a partir da germinação e crescimento de plantas é um importante critério utilizado pelas agências ambientais. Por isso, testes biológicos a partir de variáveis biométricas são processos rápidos e de baixo custo para monitorar a fitotoxicidade de resíduos sólidos e fertilizantes orgânicos, indicando a completa maturação dos componentes ou sua fitotoxicidade (ATAÍDE et al., 2011).

No presente trabalho, buscando contribuir com a avaliação do potencial de toxicidade do líquido percolado gerado no aterro sanitário de Limeira, este trabalho investigou a influência do percolado bruto e tratado eletroquimicamente sobre a sobrevivência e o desenvolvimento da espécie de girassol *Helianthus annuus* L, híbrido BRS 323.

2 OBJETIVOS

Avaliar os efeitos do percolado do aterro sanitário municipal de Limeira- SP, bruto e tratado eletroquimicamente e em diferentes concentrações, no desenvolvimento, sobrevivência e morfoanatomia foliar de girassol da espécie *Helianthus annuus* L, cultivar BRS 323, em solo proveniente do aterro sanitário.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Lixiviado de aterro sanitário

O lixiviado proveniente de aterro sanitário é um líquido escuro com potencial patogênico, toxicológico e de grande variabilidade em sua composição, pois depende diretamente do tipo de resíduo que o origina, do tipo de solo, das condições climáticas, da época do ano e da hidrogeologia e idade do aterro sanitário (MORAES, 2004).

Os resíduos em decomposição sob o solo juntamente com a água proveniente principalmente da chuva geram o lixiviado, o qual percola até a base do aterro e, posteriormente, deverá ser drenado. Falhas na impermeabilização do aterro e tratamento ou manejo inadequado do lixiviado podem comprometer o meio ambiente local, na medida em que este efluente pode se tornar uma fonte de contaminação hidro-geológica. O lixiviado pode conter altas concentrações de compostos orgânicos, metais pesados, amônia, cloretos e muitos outros compostos solúveis (MORAES, 2004).

As cargas contaminantes dos lixiviados se compõem de muitas substâncias diferentes, entre as quais destacam-se: substâncias orgânicas medidas mediante os parâmetros DBO, DQO e COT; nitrogênio em forma de nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos, amônia; halogênios Inorgânicos, carbonatos, cloretos, sulfatos, íons sódio, potássio, cálcio; metais como ferro, zinco, manganês, níquel, cobre, etc. (SEGATO e SILVA, 2000).

Concentrações de ácidos orgânicos, principalmente os húmicos e fúlvicos e dureza atuam reduzindo ou aumentando a toxicidade de alguns metais, tais como cádmio, cobre e chumbo por meio da complexação com estes metais permanecendo no ambiente por processo de bioacumulação (PASCHOAL e ROCHA, 2002).

A primeira etapa, a fase aeróbia, ocorre em média no primeiro mês após a deposição dos resíduos sólidos na célula. Nessa fase ocorre o consumo de oxigênio pelos microrganismos e a liberação de CO_2 , H_2 (PACHECO, 2004) e da água contida nos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), que percola pelas camadas do aterro dando início à produção do chorume (GIORDANO et al., 2011). O início da fase anaeróbia do processo ocorre na segunda etapa, que tem duração aproximada de cinco anos e é realizada por microrganismos anaeróbios ou acetogênicos (PACHECO, 2004). Esta etapa é denominada etapa de fermentação e se caracteriza pela conversão do material orgânico (celulose e outros materiais putrescíveis) em compostos mais simples, solúveis e assimiláveis pelos microrganismos presentes, como ácidos voláteis e produtos nitrogenados (LIBÂNIO, 2002; PACHECO,

2004). O chorume produzido na segunda fase de decomposição dos RSU é altamente biodegradável (PACHECO, 2004), apresenta pH ácido (entre 3 e 6) e valores elevados de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Carbono Orgânico Total (COT), além de altas concentrações de nutrientes e metais pesados (SEGATO e SILVA, 2000).

A terceira fase, também caracterizada pela decomposição anaeróbia, é a mais ativa biologicamente, tendo a ação das bactérias metanogênicas. Na fermentação metanogênica os produtos da fermentação ácida, ocorrida na segunda fase, são convertidos em metano (CH₄), substâncias húmicas e água. As substâncias húmicas, ácidos fúlvicos e húmicos, são compostos recalcitrantes, de difícil degradação bioquímica e menos biodegradáveis, apresentando coloração escura. O início dessa fase pode ser constatado pela elevação do pH, devido a precipitação dos cátions inorgânicos e a alcalinidade do meio (LIBÂNIO, 2002).

Devido às suas características, os lixiviados devem ser drenados e tratados adequadamente antes de serem devolvidos ao meio ambiente. Assim, o sistema de drenagem de líquidos lixiviados tem como objetivo conduzir os líquidos para o sistema de tratamento, evitando seu acúmulo na massa de resíduos e os possíveis problemas de instabilidade associados a isso (RECESA, 2008).

3.2 A espécie *Helianthus annuus* L.

O girassol *Helianthus annuus* L. é uma dicotiledônea anual da família Asteraceae, centro originária do México. No Brasil, é adaptada em diferentes condições ambientais, e pode ser cultivada desde o estado de Rio Grande do Sul até o estado de Roraima. Provavelmente foi introduzida por colonizadores europeus que se estabeleceram na região sul do país. Atualmente o cultivo do girassol vem se destacando no Centro-Oeste do Brasil, nos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul (LIRA et al., 2011).

O girassol apresenta ampla adaptabilidade às condições edafoclimáticas do Brasil, com maior tolerância a seca e ao calor do que a maioria das espécies normalmente cultivadas do País. Os grãos são utilizados para a extração de óleo de excelente qualidade, destinado principalmente às indústrias de alimento e de biodiesel. O co-produto (torta ou farelo) obtido do processo extração é altamente proteico e é usado na produção de ração animal (EMBRAPA, 2013).

As faixas de temperatura toleradas pelo girassol giram em torno de 10°C a 34°C. As necessidades hídricas variam de 200 a 900 mm, sendo que 200 mm bem distribuídos até aos 70 dias, são suficientes para obter uma boa produtividade. O período de maior necessidade de

água é entre os 10 e 15 dias antes do início do florescimento e até 10 a 15 dias após o final da floração. (LIRA et al., 2011).

O girassol caracteriza-se por apresentar um sistema radicular com raiz pivotante o que proporciona melhorias na estrutura e fertilidades dos solos através da ciclagem de nutrientes. No entanto, são indicados os solos de textura média, profundos, com boa drenagem, razoável fertilidade e pH variável de ácido a neutro, superior a 5,2 (LIRA et al., 2011).

O híbrido BRS 323 associa produtividade com precocidade, características que facilitam sua utilização nos diferentes sistemas produtivos das principais regiões agrícolas do país (EMBRAPA, 2013). Outras principais características, indicações de cultivo e épocas de semeadura podem ser visualizados a exemplo da (tabela 1).

Tabela 1 - Principais características¹, indicações de cultivo e épocas de semeadura do híbrido BRS 323.

Genética	Híbrido simples
Cor do aquênio	Estriado claro
Início do florescimento	50 a 60 dias
Maturação fisiológica	80 a 98 dias
Altura média das plantas	166 a 190 cm
Peso de 1000 aquênios	60 a 75 g
Profundidade da semeadura	4 a 5 cm
Espaçamento entre linhas	50 a 90 cm
Densidade populacional na colheita	40.000 a 45.000 plantas ha ⁻¹
Tipo de solo	Solo estruturado, fértil e bem drenado.
pH (CaCl₂)	5,2 a 6,5
Adubação²	40 a 60 kg ha ⁻¹ de N. 40 a 80 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ . 40 a 80 kg há ⁻¹ de K ₂ O.
Aplicação de boro²	1 a 3 kg de boro (B) juntamente com dessecante ou adubações de base ou em cobertura.

Controle de plantas daninhas	Manter a cultura livre de competição, principalmente, até os 30 dias após a emergência.
Colheita	Iniciar quando a umidade dos aquênios estiver entre 15 a 16%.
Época de semeadura (Estado de São Paulo)	Fevereiro a março

¹Características médias dependentes das condições edafoclimáticas.

²Dependente da análise de solo e do teor de argila.

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2013).

As características botânicas e agronômicas gerais do girassol podem ser relacionadas na (tabela 2):

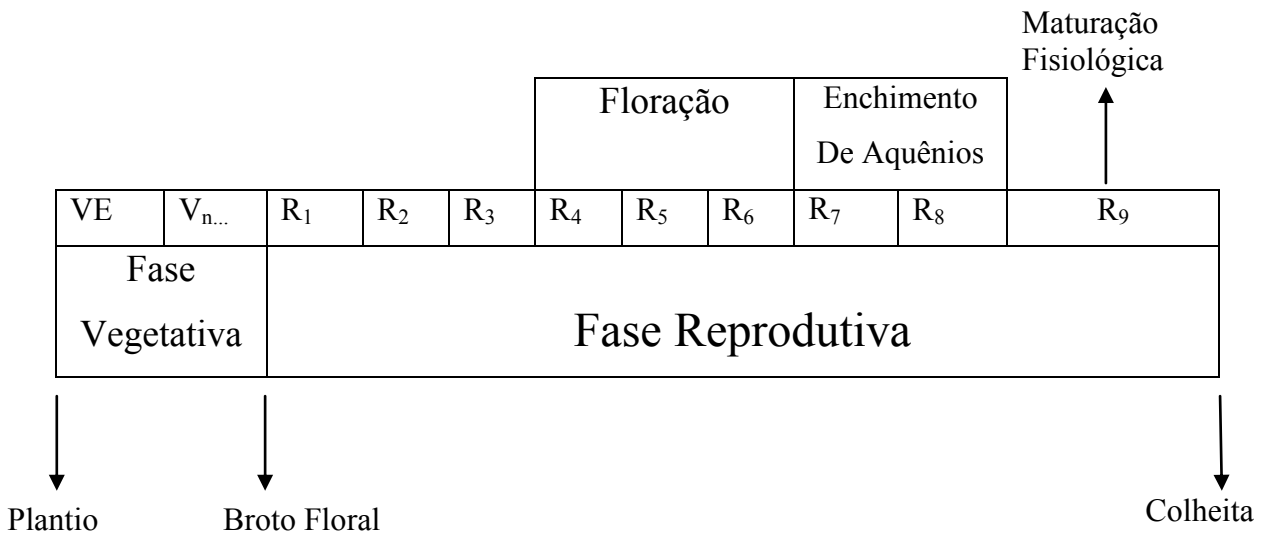
Tabela 2 - Características botânicas e agronômicas gerais do girassol

Ciclo	90 a 130 dias
Início do florescimento	50 a 65 dias
Altura da planta	50 a 400 cm
Diâmetro do caule	15 a 90 mm
Número de folhas	8 a 70
Comprimento das folhas	8 a 50 cm
Diâmetro do capítulo	6 a 50 cm
Número de flores no capítulo	100 a 8000
Comprimento do aquênio	6 a 25 mm
Largura dos aquênios	3 a 13 mm
Peso de 1000 aquênios	60 a 130 g

Fonte: CASTIGLIONI et al. (1997).

O desenvolvimento da planta de girassol é dividido em duas fases: vegetativa e reprodutiva (Figura 1), adaptada de CASTIGLIONI et al.(1997).

Figura 1 – Diagrama das fases e estádios do ciclo de vida do girassol.



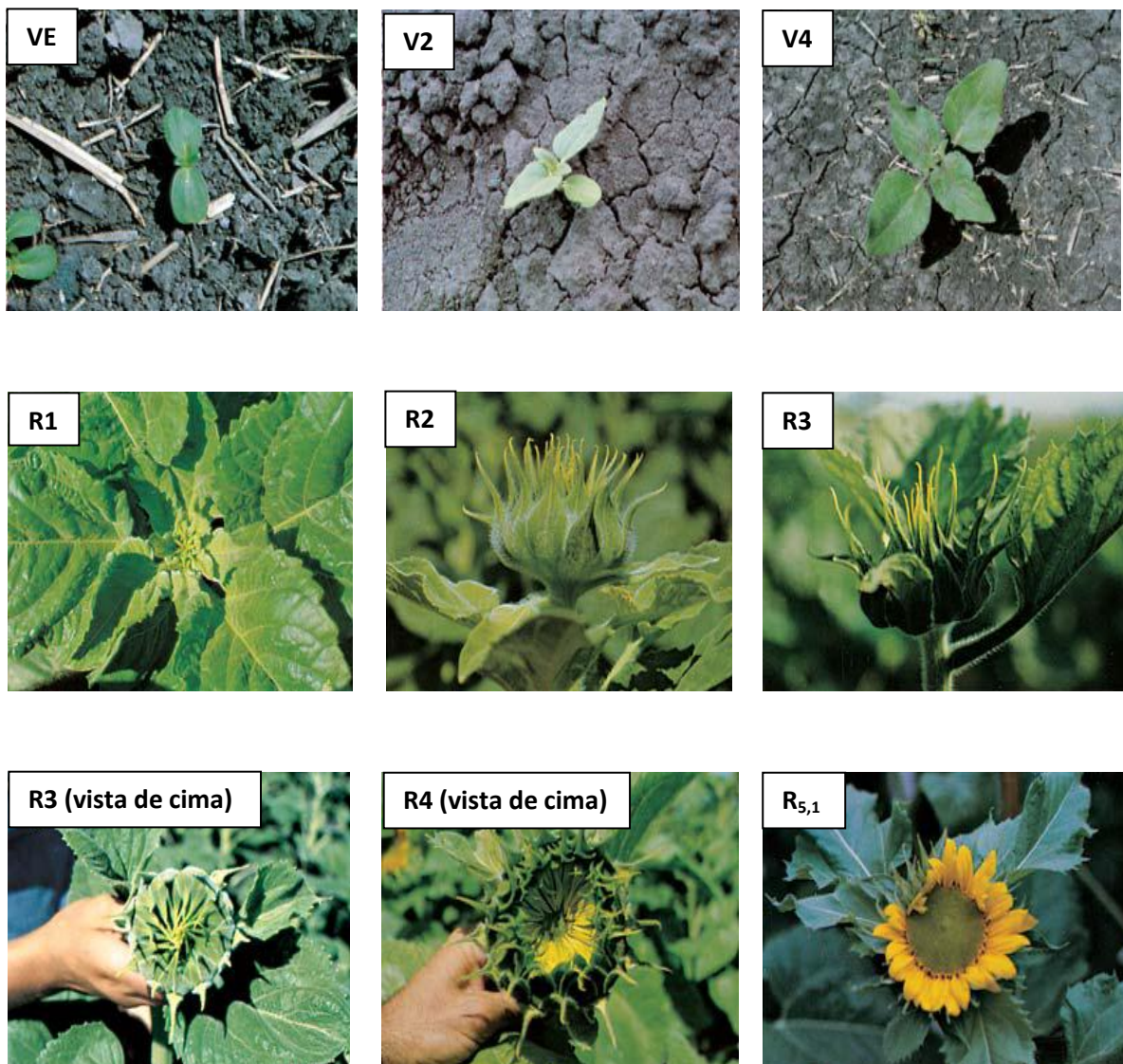
Fonte: CASTIGLIONI et al. (1997).

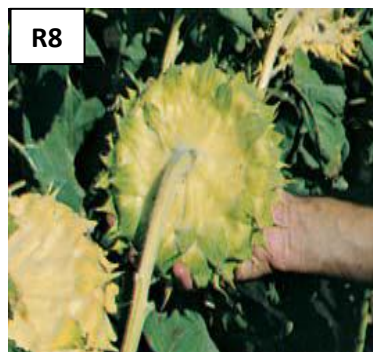
A fase vegetativa (V) inclui a germinação até o início da formação do broto floral, e compreende o estágio de emergência (VE) com o aparecimento da primeira folha acima dos cotilédones, sendo esta menor que 4 cm de comprimento. Referem-se também aos estádios de V₁, V₂, V₃, V_n, onde n é o número de folhas com comprimento maior que 4 cm, caracterizado como fase de formação de folhas, como ilustrados na Figura 2. Deve-se levar em consideração o número de folhas ausentes por terem sido quebradas ou eliminadas (CASTIGLIONI et al., 1997).

A fase reprodutiva (R) inclui o aparecimento do broto floral até a maturação fisiológica dos aquênios. Pode ser dividida em R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆, R₇, R₈ e R₉ (ver tabela 5). O estágio R₁ observa-se um pequeno broto floral, não podendo ser confundido com um broto de folhas (vegetativo), têm forma estrelada; R₂ é a primeira fase de alongamento do broto floral distanciando-se de 0,5 a 2,0 cm da última folha. Considera-se como última folha aquela que está unida ao caule; R₃ refere-se à segunda fase de alongamento do broto floral encontrando-se a uma distância maior que 2,0 cm da última folha; R₄ refere-se à primeira fase do florescimento, caracterizando-se por apresentar as primeiras flores liguladas que, frequentemente, são de cor amarela; R₅ é a segunda fase do florescimento, podendo ser dividida em sub-fases conforme a porcentagem de flores tubulares do capítulo que estão

liberando pólen ou abertas. Exemplo: R5.1 – 10% das flores do capítulo estão abertas e R5.5 – 50 % das flores do capítulo estão abertas (floração plena); R6 refere-se à terceira fase do florescimento e caracteriza-se por ter ocorrido a abertura de todas as flores tubulares e as flores liguladas estão murchas; R7 é a primeira fase de desenvolvimento de aquênios, e o dorso do capítulo converte-se de uma cor verde para uma cor amarelo-claro; R8 refere-se à segunda fase de desenvolvimento de aquênios, e o dorso do capítulo torna-se amarelo-escuro e as brácteas ainda estão verdes e R9 (maturação fisiológica) referindo-se a fase de maturação dos aquênios, e as brácteas estão entre as cores amarela e castanho (CASTIGLIONI et al., 1997).

Figura 2 - Fotos dos estádios de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do girassol.





Fonte: Schneiter et al. (1998).

3.3 Tratamento de Lixiviado por Processos Eletrolíticos

O processo eletrolítico foi desenvolvido no século XIX por Eugene Hermite na Inglaterra e na França no ano de 1887. Algumas regiões destes países utilizaram esses processos em tratamentos de esgoto doméstico. No Brasil, o processo foi implantado por Wiendl em 1985, em caráter pioneiro, em uma estação de tratamento de esgoto no município de Iracemápolis, SP.

Quando é colocado um eletrólito entre dois terminais condutores (eletrodos), ligados aos pólos de um gerador de corrente, os cátions são atraídos para o eletrodo negativo e os ânions para o eletrodo positivo. Chegando ao eletrodo positivo, os anions doam os elétrons que têm em excesso e se tornam partículas neutras. Estas se depositam sobre o eletrodo ou se desprendem na forma de gás. Os elétrons entregues ao eletrodo positivo formam uma corrente de elétrons que entra no pólo positivo do gerador, atravessa o gerador e sai pelo pólo negativo, fornecendo continuamente elétrons ao eletrodo negativo, no qual neutralizam os

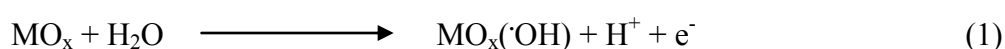
íons positivos que chegam a esse eletrodo. O circuito elétrico se fecha com o eletrólito funcionando como um condutor de tipo especial, pois, enquanto nos fios metálicos de um circuito a corrente elétrica é constituída apenas pelo movimento ordenado dos elétrons livres, no eletrólito ela é constituída pelo movimento, em sentidos opostos, dos íons livres (CISCATO, 1988).

Na aplicação do tratamento eletrolítico em efluentes aquosos, o modo de degradação oxidativa pode ser dividido em eletrólise direta e eletrólise indireta.

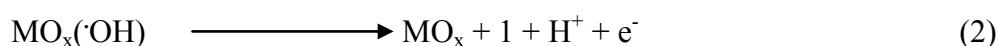
Na eletrólise direta, os poluentes são degradados por reações de transferência de cargas na superfície do eletrodo, sem o envolvimento de outras substâncias. Normalmente esta modalidade de eletrólise tem cinética lenta, tornando-se mais difícil do ponto de vista prático.

Na eletrólise indireta, a eletroxidação de orgânicos pode ocorrer através de vários mecanismos, todos eles ligados à formação do radical hidroxila ($\cdot\text{OH}$) a partir da descarga da água. Inicialmente, os radicais, OH são adsorvidos na superfície do anodo, conforme a (equação 1) (SIMOND et al., 1997). No caso dos anodos dimensionalmente estáveis (ADE® ou “DSA”), tais como de RuO_2 , TiO_2 , IrO_2 ou composições destes, o óxido metálico imobilizado na superfície (do tipo MO_x) incorpora um radical hidroxila, e através da possível transferência do oxigênio do radical adsorvido para o retículo cristalino do óxido, é formado um óxido superior do tipo MO_{x+1} , de acordo com a (equação 2).

Meio ácido



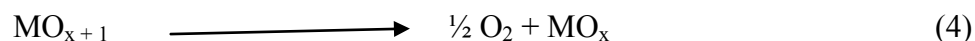
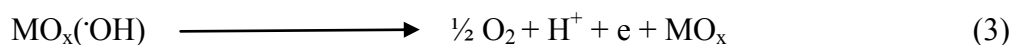
Meio alcalino



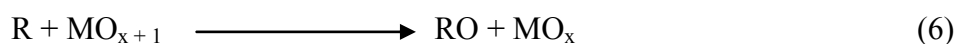
Pode-se dizer que o “oxigênio ativo” na superfície do eletrodo encontra-se adsorvido tanto quimicamente (no retículo cristalino - MO_{x+1}), como fisicamente através dos radicais hidroxila ($\text{MO}_x(\cdot\text{OH})$).

Na ausência de orgânicos oxidáveis no meio, o “oxigênio ativo” produz O_2 de acordo com as (equações 3 e 4). A liberação deste oxigênio adicional oxida a espécie orgânica, ocorrendo a regeneração da superfície do eletrodo (COMNINELLIS e PULGARIN, 1993;

COMNINELLIS e De BATTISTI, 1996; SIMOND et al., 1997). Neste caso a evolução simultânea de oxigênio é um processo competitivo.



Na presença de compostos orgânicos, acredita-se que ocorram reações de combustão completa pela ação do “oxigênio ativo” adsorvido fisicamente (equação 5). A formação de produtos de oxidação seletiva é devido à ação do “oxigênio ativo” adsorvido quimicamente (equação 6).



Como os processos descritos anteriormente ocorrem em altos potenciais anódicos, a estabilidade eletroquímica e física do eletrodo torna-se um fator importante. O eletrodo com substrato de titânio recoberto com óxido de titânio e óxido de rutênio proposto neste trabalho apresenta as características de estabilidade necessárias às reações com altos potenciais anódicos, como é o caso (COMNINELLIS e PULGARIN, 1993).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de coleta do líquido percolado de aterro sanitário

O aterro sanitário municipal de Limeira localiza-se na Rodovia Tatuibi, s/n°. O local é limitado ao norte pelo kartódromo, a leste pelo ribeirão Tatu (afluente do rio Piracicaba), ao sul pela rodovia municipal de Limeira-Tatuibi e a oeste pela área de cultivo municipal. Sua área total é de aproximadamente 50 hectares, sendo que 190.000 m² são destinados para a disposição dos resíduos domésticos e resíduos industriais classe II não inertes e III inertes (GUIZARD et al., 2006).

O município de Limeira está situado no Centro-Leste do estado de São Paulo entre os paralelos 23° 33' 53" Latitude Sul e 47° 24' 06" Latitude Oeste e altitude de 636 m. O clima é temperado com inverno seco. Em 2014, a temperatura média foi de 23,1°C, chegando a temperatura máxima de 29,4°C e temperatura mínima de 17,7° C, com precipitação média de 941,8 mm ao ano (UNICAMP, 2014).

Segundo a ABNT NBR 10.004 (1987), os resíduos classe II não inertes compreendem os resíduos que podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, com possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente, mas não se enquadram nas classificações de resíduos classe I perigosos. Os resíduos classe III inertes são aqueles que por suas características intrínsecas não oferecem riscos à saúde ou ao meio ambiente.

O lixiviado gerado no aterro passa por um sistema de lagoas de estabilização que são responsáveis pelo tratamento biológico, é constituído de uma lagoa anaeróbia com dimensões de 30 x 30 x 3,5 metros, seguida de uma facultativa com dimensões de 30 x 70 x 1,5 metros. Após o tratamento o lixiviado é recirculado para massa de lixo. A lagoa anaeróbia é responsável pelo tratamento primário da água residuária e é dimensionada para receber cargas orgânicas elevadas, que impedem a existência de oxigênio dissolvido no meio líquido. O aterro dispõe ainda de uma lagoa facultativa que é responsável pelo tratamento secundário do lixiviado (GUIZARD et al., 2004).

O chorume de lixo é conduzido por gravidade a uma lagoa cujo tempo de detenção hidráulica é de 24 horas. Esta lagoa é chamada de lagoa pulmão (Figura 3) e é utilizada para captação do chorume que sai da massa de lixo. Possui dimensões de 20X2X2 metros impermeabilizada com manta PEAD de 3 mm.

A coleta do chorume realizou-se semanalmente na lagoa pulmão do Aterro Sanitário Municipal de Limeira, através de bombonas plásticas de polietileno com capacidade para 20 litros. As amostras de chorume coletadas foram submetidas ao tratamento eletrolítico antes de seu uso para irrigação do girassol.

Figura 3 – Foto da lagoa pulmão.



Fonte: SILVEIRA (2012).

4.2 Área de coleta de solo do aterro sanitário de Limeira – SP

O solo utilizado no plantio da espécie *H. annuus* foi coletado próximo à lagoa pulmão. O material de solo coletado foi homogeneizado, peneirado e colocado para secar ao ar.

4.3 Reator eletroquímico

O sistema de tratamento eletroquímico contém um reator eletrolítico, câmara tubular contendo lâmpada ultravioleta (UV) de média pressão de vapor de mercúrio, rotâmetro, reservatório de PVC, válvulas, bomba hidráulica e tubulação, os quais são alocados em um suporte metálico de sustentação. O reator eletrolítico é composto por um anodo retangular de titânio revestido por 70%TiO₂/30%RuO₂ e um catodo retangular de aço-inoxidável dispostos

paralelamente (Figuras 4 e 5). O reator fotoquímico (câmara tubular contendo a lâmpada UV) não foi utilizado neste trabalho.

Figura 4 - Diagrama esquemático do reator fotoeletrolítico.

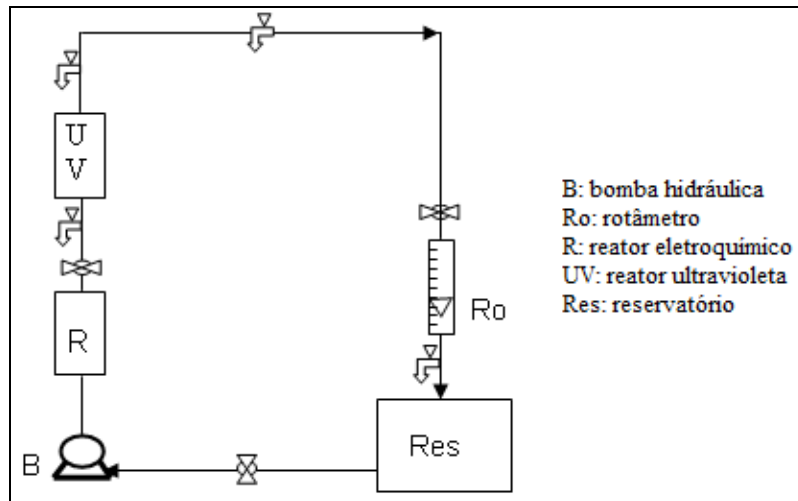
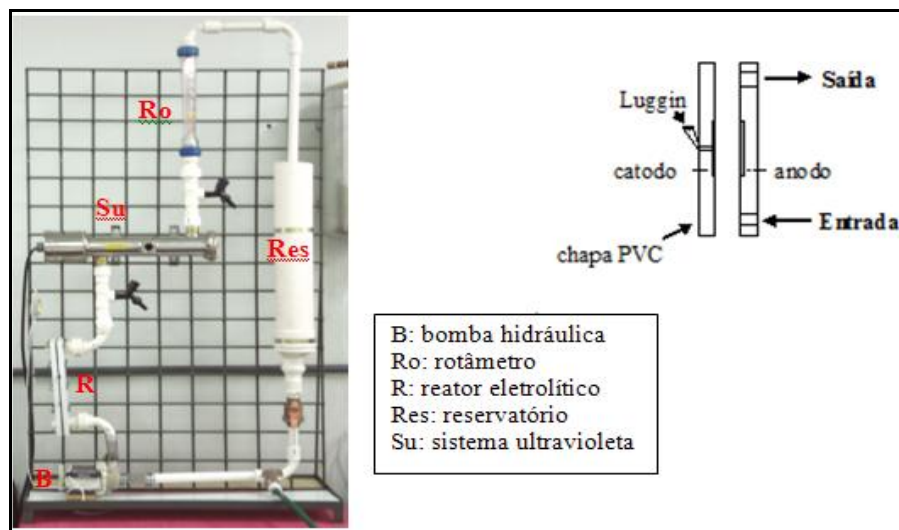


Figura 5 - Foto do sistema fotoeletroquímico e diagrama do reator eletroquímico em detalhe.



4.4 Tratamento eletroquímico do percolado

O percolado bruto foi colocado no reservatório, com volume de 4,0 L, sendo impulsionado através de todo o sistema pela bomba hidráulica. O fluxo é na direção vertical, com sentido ascendente em relação ao reator eletrolítico, passa pela câmara UV para então

retornar novamente ao reservatório. No tratamento eletroquímico do percolado a densidade de corrente utilizada foi de 125 mA cm^{-2} , sob vazão constante de 400 L h^{-1} .

4.5 Caracterização do percolado

O tratamento e caracterização do percolado, tal como a aplicação deste em espécie vegetal foram desenvolvidos nas dependências na Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas em Limeira, SP. As coletas do percolado no aterro sanitário foram realizadas de acordo a necessidade do volume diário gasto para as regas dos vasos de girassol.

As alíquotas foram coletadas no tempo 0 minuto, denominado percolado e/ou chorume Bruto ou B e em 60 minutos de tratamento, denominado percolado e/ou chorume Tratado ou T, as quais foram caracterizadas quanto a temperatura, pH, condutividade, Demanda Química de Oxigênio (DQO), amônia e varreduras no UV-VIS. Todas as análises são recomendadas no *Standard Methods for the examination of Water and Wasterwater* (APHA, 2005).

As análises foram realizadas no Laboratório de Desenvolvimento de Sistemas para Saneamento Ambiental (LADESSAM) situado na Faculdade de Tecnologia da Unicamp em Limeira.

Medida de temperatura: termohigrometro Digital.

Medida de pH: pHmetro Hanna instruments HI221.

Medida de Condutividade: condutivímetro Marte MB-11.

Demanda Química de Oxigênio (DQO): utilizou-se do bloco digestor Hach DRB200 e do Espectrofotômetro Hach DR3900.

Medida de Amônia: utilizou-se do pHmetro Hanna HI 221 e eletrodo íon seletivo ORION 95-12.

Absorbância (Abs): as varreduras foram realizadas no espectrofotômetro UV-VIS Modelo SHIMADZU UV 1650 PC entre 180 e 800 nm.

As amostras do chorume foram utilizadas na rega do solo após o plantio das sementes de girassol, e no teste de germinação em Placas de Petri com a espécie *Helianthus annuus* L cultivar BRS 323 adquirido pela EMBRAPA – Produtos e Mercados de Dourado, MS.

4.6 Caracterização do solo e biodegradabilidade do chorume no solo

Para caracterização do teor de matéria orgânica, pH, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial, soma de bases, capacidade de troca catiônica, saturação por base, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco as amostras de solo foram enviadas ao laboratório do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) ou à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ). A metodologia utilizada consta no "Boletim Técnico 106: Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos" do Instituto Agronômico de Campinas (CAMARGO et al., 2009).

4.7 Quebra da dormência e plantio das sementes

Para superar a dormência, as sementes foram submetidas a um pré-resfriamento à temperatura 5 a 10 °C por um período de 7 dias, conforme recomendação descrita em "Regras para Análise de Sementes" (RAS) do Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009).

Cada unidade experimental constituiu-se de 3 sementes por vaso plástico, a qual, 10 dias após a semeadura, deixou-se 2 plantas por vaso e 20 dias após a semeadura deixou-se apenas 1 planta por vaso. Cada vaso com capacidade para 10 kg de material de solo teve sua base preenchida com 300 g de brita nº1, permitindo a vedação parcial dos orifícios de drenagem. Após o preenchimento com a brita, foram adicionados 150 g de adubo orgânico, 5 kg de terra proveniente do aterro sanitário e mais 200 g de adubo orgânico, as quais foram misturadas juntamente com a terra superficial.

Para o plantio, cavou-se aproximadamente 4 cm de profundidade no centro do vaso, com boa umidade, e comprimiu-se a terra ao redor das sementes favorecendo a mesma. As regas com os tratamentos iniciaram-se após 7 dias ao plantio das sementes, com 90 mL das respectivas soluções de percolado relativas aos tratamentos.

4.8 Teste de germinação

Paralelamente, fez-se o teste de germinação com sementes do girassol BRS 323 em Placas de Petri diâmetro de 9 cm, com 2 folhas de papel mata borrão cortados no tamanho das placas, onde 10 sementes foram dispostas. Utilizou-se do percolado bruto e tratado para a irrigação das sementes nas placas. Os tratamentos estão descritos na Seção 4.9. Cada tratamento continha triplicatas, perfazendo um total de 33 placas. Cada placa continha 10

sementes, perfazendo um total de 330 sementes. As sementes foram monitoradas por 10 dias, sendo a primeira contagem de sementes germinadas realizada após 4 dias da semeadura e a última contagem após 10 dias da semeadura. As placas foram deixadas sob uma mesa no laboratório a temperatura ambiente, em torno de 30° C. Todos os procedimentos descritos foram baseados nas “Regras para Análise de Sementes” (RAS) do Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009) e em (SOUZA et al., 2012).

4.9 Procedimento de rega com os tratamentos

Com o objetivo de investigar a influência do líquido percolado proveniente do aterro sanitário de Limeira no desenvolvimento e sobrevivência do girassol cultivar BRS 323, 22 mudas (2 mudas por condição experimental do tratamento) foram submetidas durante 95 dias, a 11 tratamentos contendo concentrações diferentes de percolado bruto e tratado eletroquimicamente, segundo descrito a seguir:

- a) **Tratamento 1** – 0% de percolado na solução ou grupo controle, com água destilada.
- b) **Tratamento 2** – 25% de percolado bruto com 11362 mg/L de eletrólito ou [25]B.
- c) **Tratamento 3** – 50% de percolado bruto com 8095 mg/L de eletrólito ou [50]B.
- d) **Tratamento 4** – 75% de percolado bruto com 4970 mg/L de eletrólito ou [75]B.
- e) **Tratamento 5** – 100% de percolado bruto com 1450 mg/L de eletrólito ou [100]B.
- f) **Tratamento 6** – 100% de percolado bruto sem adição de eletrólito ou [100]B s/e.
- g) **Tratamento 7** – 25% de percolado tratado durante 60 minutos com 11362 mg/L de eletrólito ou [25]T.
- h) **Tratamento 8** – 50% de percolado tratado durante 60 minutos com 8095 mg/L de eletrólito ou [50]T.
- i) **Tratamento 9** – 75% de percolado tratado durante 60 minutos com 4970 mg/L de eletrólito ou [75]T.
- j) **Tratamento 10** – 100% de percolado tratado durante 60 minutos com 1450 mg/L de eletrólito ou [100]T.
- k) **Tratamento 11** – 100% de percolado tratado durante 60 minutos sem adição de eletrólito ou [100]T s/e.

4.10 Caracterização das variáveis biométricas

As plantas foram dispostas ao sol em 11 grupos de acordo com os tratamentos para medições das seguintes variáveis:

Variáveis biométricas:

- Altura total da planta (HT)
- Diâmetro da base do caule (DBC)
- Número de folhas (NF)
- Área foliar (AF)
- Peso seco das partes aéreas e subterrâneas (PSA e PSS)

Todas as variáveis foram mensuradas e as plantas fotografadas em diferentes fases de desenvolvimento da espécie, (fase vegetativa (V) e fase reprodutiva (R)), contando desde o primeiro dia a partir do plantio. As medidas das variáveis biométricas foram realizadas da seguinte maneira: 1ª medição realizada no 35º dia após o plantio das sementes, 2ª medição no 55º dia após o plantio das sementes, e 3ª e última medição no 75º dia após o plantio das sementes de girassol, resultando assim em 3 medições.

Caracterização das variáveis biométricas

- *Variáveis morfológicas externas:* altura, diâmetro do caule e número de folhas. As medidas de altura foram tomadas, da base do caule até o ápice foliar em cada planta, com uma escala milimetrada; o diâmetro da base do caule mediu-se com um paquímetro à altura do substrato de plantio; e o número de folhas contadas.

- *Área foliar:* as áreas foliares foram amostradas nas fases vegetativas e reprodutivas, no terceiro par foliar de cima para baixo, em todas as plantas de cada tratamento, duas a duas folhas, em cada uma destas plantas. Utilizou-se o método do papel quadriculado transparente de 1 cm², contando assim o número de quadrados total quando este foi posto por cima da folha da planta.

- *Avaliação da produção de matéria seca:* realizado no final do experimento, nas 22 unidades experimentais submetidas aos tratamentos. Após lavagem em água estas plantas foram separadas em 3 partes distintas: folhas, caules e ramos e raízes; pesadas em balança analítica; colocadas em estufa a 60°C por cinco dias e a seguir pesadas novamente. As pesagens foram realizadas na balança analítica AUY 220 da SHIMADZU.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados da Análise do Solo

O solo coletado para os ensaios e para o plantio localiza-se próximo à lagoa pulmão no aterro sanitário de Limeira. A caracterização prévia do solo encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Análises físico-químicas do solo retirado do Aterro Sanitário de Limeira.

mg dm ⁻³		mmol dm ⁻³		pH	
P	4	K	1,2	H ₂ O	4,2
S	7	Ca	<3	CaCl ₂	3,8
M.O.	28.000	Mg	2		
B	0,33	Al	21		
Cu	0,6	H + Al	79		%
Fe	110	SB	5,5	V - 7	M - 79
Mn	4,9	CTC	85		
Zn	0,6				

5.2 Parâmetros do chorume de aterro sanitário

Visando qualificar o chorume de aterro sanitário da cidade de Limeira, SP analisou-se parâmetros físicos - químicos de médias para os valores de voltagem (V_m), corrente (J), pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO), condutividade (Cond.), concentração de amônia, absorvância (Abs) e concentração de sulfato de sódio (Na₂SO₄) das amostras do chorume bruto (B) e tratado (T) eletroquimicamente (Tabela 4).

Tabela 4 – Parâmetros físico-químicos do percolado bruto (B) e tratado (T) eletroquimicamente com 100%, 75%, 50% e 25% de concentração de chorume; sem adição de Na₂SO₄ e com adição de Na₂SO₄ como eletrólito.

	Chorume	V _m	J	pH	DQO	Cond.	[Amônia]	Abs.	[Na ₂ SO ₄]
	%	volts	mA.cm ⁻²		mg/L	mS/cm ⁻¹	mg/L	u.a	mg/L
Coleta 1	100B	-	-	8,13	1320	10,84	608,74	0,491	0
	100T	10,45	125	8,15	1050	9,81	528,46	0,254	0

	100B	-	-	8,14	1279	10,95	509,04	0,406	1450
	100T	9,8	125	8,45	1176	11,25	476,26	0,247	1450
	75B	-	-	8,30	920	12,27	333,03	0,360	4970
	75T	9,05	125	8,27	923	12,67	306,45	0,186	4970
	50B	-	-	8,28	558	13,47	189,14	0,234	8095
	50T	8,8	125	8,55	604	13,41	176,23	0,117	8095
	25B	-	-	8,27	255	12,76	91,34	0,104	11362
	25T	8,9	125	8,37	287	14,66	81,63	0,063	11362
Coleta 2	100B	-	-	8,24	913	8,41	692,53	0,303	0
	100T	11,75	125	8,50	867	7,56	606,22	0,173	0
	100B	-	-	8,53	876	8,79	598,70	0,278	1450
	100T	10,95	125	8,35	837	8,84	598,70	0,207	1450
	75B	-	-	8,30	600	10,15	438,25	0,230	4970
	75T	10,4	125	8,40	620	10,17	447,46	0,180	4970
	50B	-	-	8,39	393	11,01	248,90	0,151	8095
	50T	9,85	125	8,43	361	11,32	259,47	0,121	8095
	25B	-	-	8,15	187	11,17	112,45	0,082	11362
	25T	8,9	125	8,35	187	12,76	158,83	0,050	11362
Coleta 3	100B	-	125	8,38	1158	9,41	1558,53	0,364	0
	100T	11,2	125	8,36	892	8,57	1446,10	0,193	0
	100B	-	125	8,24	794	10,47	1539,20	0,311	1450
	100T	10,2	125	8,42	798	10,01	1507,52	0,224	1450
	75B	-	-	8,25	645	11,81	1224,43	0,232	4970
	75T	11,2	125	8,48	592	11,03	1209,25	0,183	4970
	50B	-	-	8,26	482	12,65	838,57	0,160	8095
	50T	8,9	125	8,49	396	12,66	870,56	0,123	8095
	25B	-	-	8,25	267	14,02	453,07	0,080	11362
	25T	8,4	125	8,55	195	14,54	462,60	0,068	11362

As datas das coletas 1, 2 e 3 apresentadas na tabela 3 são 23/09/2014, 18/11/2014 e 17/12/2014 respectivamente.

Os valores de temperatura variaram durante o tratamento, ocasionado pelo aquecimento dos eletrodos do sistema. A temperatura inicial, ou seja, antes do tratamento, foi em 24,1°C e no final obteve-se a média de 30,4°C após 60 min.

Os valores de pH tiveram variação máxima de 1,69% em função ao tratamento, enquanto que a adição do eletrólito promoveu 0,6% de variação no pH.

Os valores de pH e temperatura estão de acordo com os valores máximos permissíveis na Resolução CONAMA 430/11 (BRASIL, 2011), que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Os efluentes oriundos de sistemas de disposição final de resíduos sólidos de qualquer origem devem atender às condições e padrões definidos por esta resolução, ou seja, pH entre 5 e 9 e temperatura inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura.

A densidade de corrente, ou seja, a corrente por unidade de área do eletrodo pode ser o fator mais relevante em um processo eletroquímico, pois ele controla a velocidade da reação.

Os valores de condutividade não variaram significativamente em função dos tratamentos, similar ao observado com a adição de eletrólito.

Pela legislação federal em vigor, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos. A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L. Além disso, como visto anteriormente, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente, a chamada DBO de segundo estágio. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é um importante parâmetro de classificação das águas naturais e é normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas.

A redução média da DQO foi de 8,17% após 60 minutos, em vazão de 400 L.h⁻¹. A redução por concentração foi de 75,99% do chorume 100% bruto para o chorume 25% bruto e redução de 76,20% do chorume 100% tratado para o chorume 25% tratado. Houve redução de 17,17% do chorume 100% bruto para o chorume 100% tratado, sem a adição de eletrólito. Já a redução na mesma concentração de chorume, com a adição de eletrólito foi de 4,78%.

A densidade de corrente de 125 mA cm⁻², teve um baixo desempenho na redução da DQO. Porém em diversos trabalhos, o aumento na densidade de corrente acarretou no aumento da eficiência na remoção de DQO (MORAES, 2004).

Testando o lixiviado do aterro sanitário municipal de Rio Claro-SP, Moraes e Bertazzoli (2005) utilizando as densidades de corrente de 39 e 116 mA cm⁻² em 180 minutos de tratamento, em vazão constante de 2000 L h⁻¹ com DQO inicial média de 1900 mg L⁻¹ obtiveram remoção de DQO de cerca de 21 e 73% respectivamente, ou seja, triplicou-se a densidade de corrente e a remoção da DQO aumentou. Essa remoção foi condizente com o aumento da densidade de corrente.

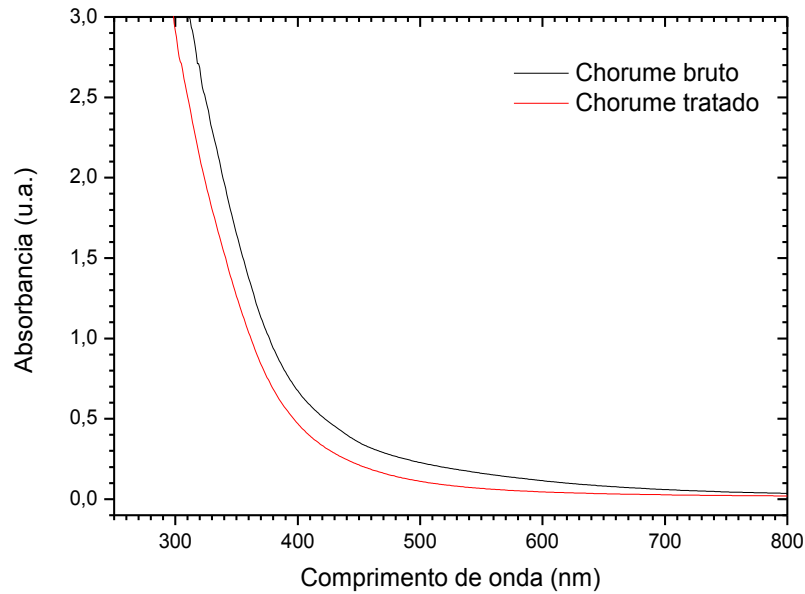
A eficiência do tratamento eletrolítico também está ligada às características físico-químicas do lixiviado, como a presença de carbonatos e bicarbonatos, carga orgânica elevada, a concentração de sais dissolvidos entre outros.

A redução da matéria orgânica em lixiviados de aterro nos processos eletrolíticos se dá de forma direta e indireta.

Na oxidação direta, os poluentes são oxidados após a adsorção sobre a superfície do ânodo, sem o envolvimento de qualquer outra substância. Nas reações de “incineração eletroquímica”, o oxigênio é transferido a partir da água para o poluente orgânico usando energia elétrica. Já na eletrólise indireta os radicais hidroxila, gerados a partir da descarga da água, não são os únicos responsáveis pelos mecanismos de oxidação da matéria orgânica, portanto são gerados agentes que são responsáveis pela oxidação de poluentes orgânicos e inorgânicos que pode ser cloro / hipoclorito quando foi adicionado NaCl como eletrólito e o persulfato quando foi adicionado o Na₂SO₄ (COMMINELLIS e NERINI, 1995).

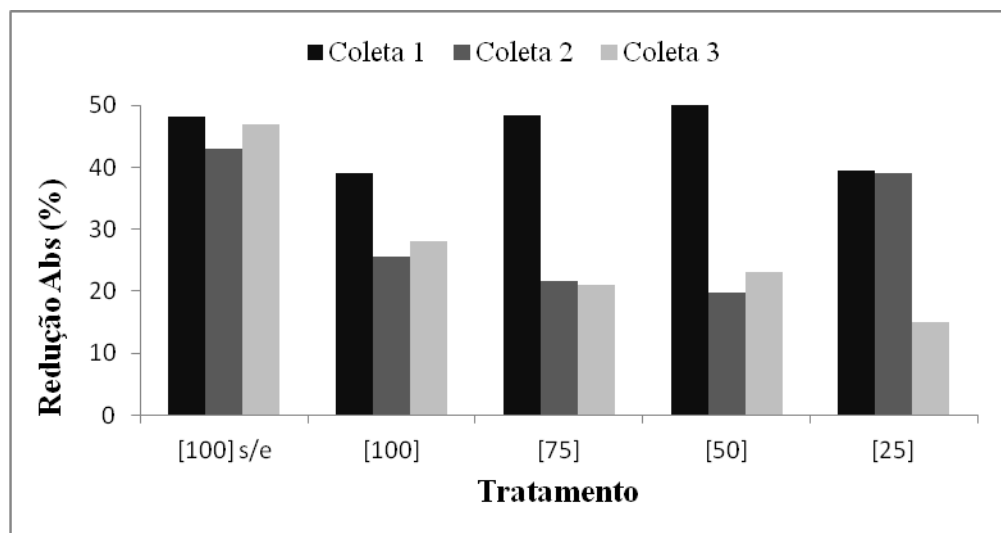
Em todos os experimentos com o lixiviado, não houve formação de picos em nenhum comprimento de onda dentro da faixa UV-VIS e sim apenas o deslocamento de todas as curvas no sentido da redução do valor de absorbância, indicando que não ocorre a formação de subprodutos derivados do lixiviado, e o tratamento pode estar convertendo os fragmentos de compostos orgânicos, ácidos orgânicos e outras substâncias tóxicas contidas no efluente para CO₂ e água, conforme exemplo a Figura 6. A forte absorção até 420 nm indica que substâncias que absorvem na região do visível e do ultravioleta, tais como aromáticos, por exemplo, estão presentes no lixiviado (BEKBÖLET et al., 1996).

Figura 6 – Absorbância em função do comprimento de onda para o chorume 75% bruto e 75% tratado.



As varreduras no espectrofotômetro foram realizadas entre 180 e 800 nm, tanto para o percolado bruto, quanto para o percolado tratado em todas as concentrações, com e sem a adição do eletrólito Na_2SO_4 . O comprimento de onda utilizado foi de 465 nm (KANG, 2002), com uma redução máxima de 50,0% e mínima de 15,0% nas leituras de UV (Figura 7).

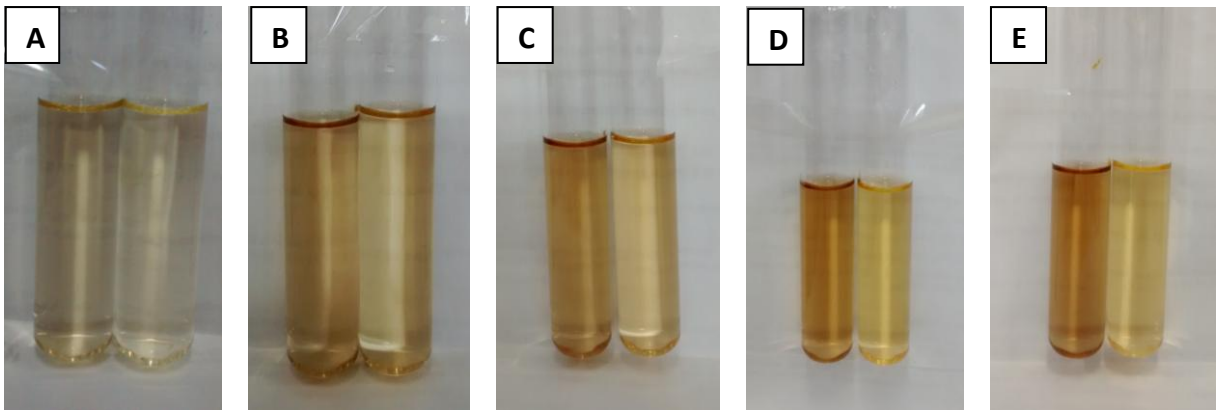
Figura 7 – Redução percentual de absorbância (Abs) em 465 nm, após 60 min de tratamento em todas as concentrações de percolado, com e sem a adição do eletrólito Na_2SO_4



Nota-se que foi possível remover média de 45% na cor do chorume em 60 min da coleta 1. Caso fosse aumentado o valor da densidade da corrente o valor da redução poderia

ser muito maior. A adição ou não de eletrólitos não interferiu na porcentagem de redução, uma vez que as mesmas quantidades de eletrólito foram usadas em todas as coletas (Figura 8).

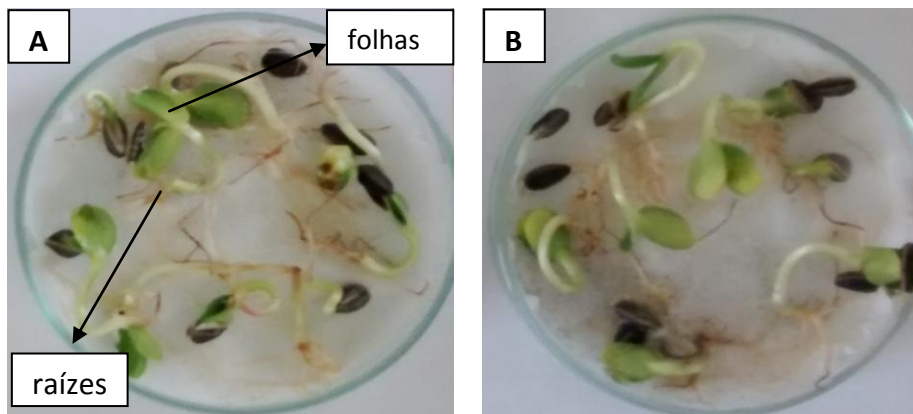
Figura 8 – Fotos da Redução de Cor do percolado após 60 min de tratamento. **Foto A:** [25]B e [25]T; **Foto B :** [50]B e [50]T; **Foto C:** [75]B e [75]T; **Foto D:** [100]B e [100]T; **Foto E:** [100]B sem Na₂SO₄ e [100]T sem Na₂SO₄.

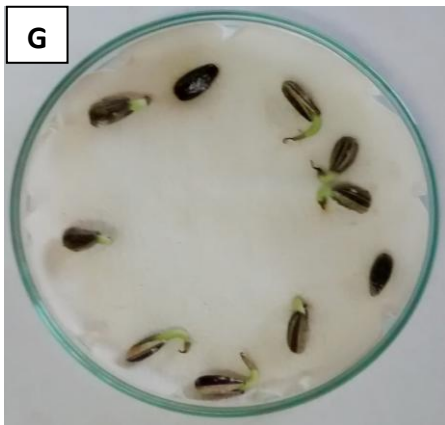


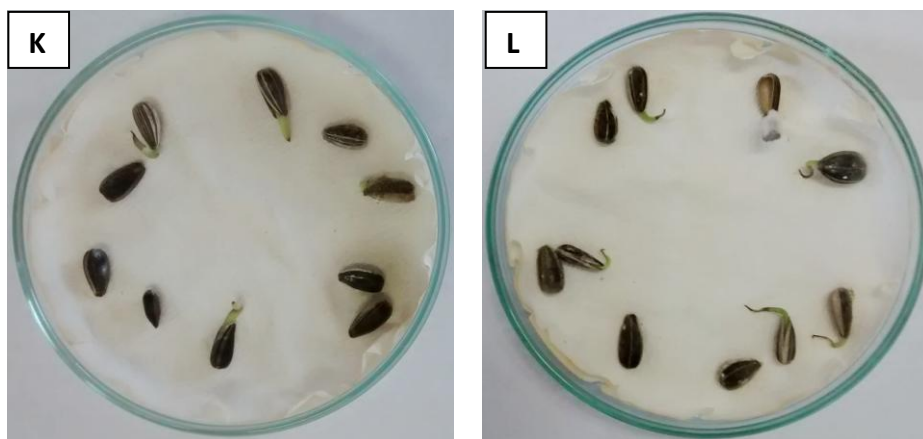
5.3 Parâmetros do teste de germinação

O teste de germinação ilustrado na Figura 9 foi utilizado para verificar o desenvolvimento da semente em condições controladas, ou seja, ainda sem as variáveis inerentes ao uso do solo (bactérias, nutrientes, interferentes, etc.). A irrigação das placas foi feita com o chorume da coleta 1 (Tabela 3).

Figura 9 – Fotos do teste de germinação em placas de Petri com as sementes do girassol BRS 323, após 10 dias da semeadura. **Foto A e B:** Controle; **Foto C:** [25]B; **Foto D:** [25]T; **Foto E:** [50]B; **Foto F:** [50]T; **Foto G:** [75]B; **Foto H:** [75]T; **Foto I:** [100]B; **Foto J:** [100]T; **Foto K:** [100]B sem Na₂SO₄; **Foto L:** Grupo T100% sem adição de eletrólito.







A porcentagem de germinação (PG) de sementes corresponde à proporção do número de sementes que produziu plântulas normais. A porcentagem de germinação para as sementes submetidas aos tratamentos com o Grupo Controle foi de 90% no 4º dia após a semeadura e 93% após 10 dias (Figuras A e B respectivamente). Observam-se as estruturas do sistema radicular e parte aérea (Figura B). Os demais tratamentos com chorume bruto e tratado foram prejudiciais em todas as concentrações para a germinação, resultando em um crescimento atrofiado, com infestações fúngicas, consideradas anormais segundo Regra Análise de Sementes, BRASIL (2009).

Segundo a Regra de Análise de Sementes, (BRASIL, 2009) para que uma plântula possa continuar seu desenvolvimento até tornar-se uma planta normal deve apresentar as seguintes estruturas essenciais: sistema radicular (raiz primária e em certos gêneros raízes seminais), parte aérea (hipocótilo, epicótilo, mesocótilo (Poaceae), gemas terminais, cotilédones (um ou mais) e coleótilo em Poaceae).

A RAS classificada como anormais, *plântulas danificadas*: com qualquer uma das suas estruturas essenciais ausentes ou tão danificadas que não possa ocorrer desenvolvimento proporcional; *plântulas deformadas*: com desenvolvimento fraco, ou com distúrbios fisiológicos, ou com estruturas essenciais deformadas, ou desproporcionais; *plântulas deterioradas*: com qualquer uma de suas estruturas essenciais muito infectadas ou muito deterioradas, como resultado de uma infecção primária (da própria semente), que comprometa o seu desenvolvimento normal.

Segundo Souza et al. (2012), à medida que aumenta a concentração dos níveis de sais ocorre uma redução linear no processo de desenvolvimento do índice da velocidade da germinação (IVG) e da porcentagem de germinação (PG) nas sementes de girassol, podendo ser causado pela diminuição do potencial osmótico e conseqüente redução da água disponível

aos processos metabólicos da germinação, afetando também a velocidade em que este processo acontece.

5.4 Parâmetros das variáveis biométricas do girassol

De acordo com o teste de germinação descrito acima, as sementes do girassol BRS 323 foram plantadas no dia 09/10/2014, Figura 10A, e receberam as regas com os tratamentos de chorume Bruto e Tratado a partir do dia 16/10/2014 até dia 10/01/2015. As regas com os tratamentos não se iniciaram no primeiro dia da sementeira justamente para não interferir na germinação das sementes. Após 35 dias do plantio, 28 dias de tratamento, havia 72,73% dos vasos com girassol no estágio vegetativo, como mostra a Figura B.

No experimento com os vasos não foi observado o percentual de sementes germinadas. No entanto, mesmo levando em conta essas considerações houve diferenças entre os tratamentos feitos com o chorume a partir das regas diárias (Tabela 4).

Figura 10 – Foto esquemática dos vasos.

A - Vasos logo após a sementeira. **B** - Vasos no 35º dia após a sementeira.





As regas com 90 ml de amostra da coleta 1 (23/09/2014) foram realizadas até a primeira medição, que ocorreu no dia 14/11/2014. Os valores das variáveis biométricas podem ser visualizados na tabela 5, que mostra a Altura Total (HT), Diâmetro da Base do Caule (DBC), Número de Folhas (NF) e Área Foliar (AF).

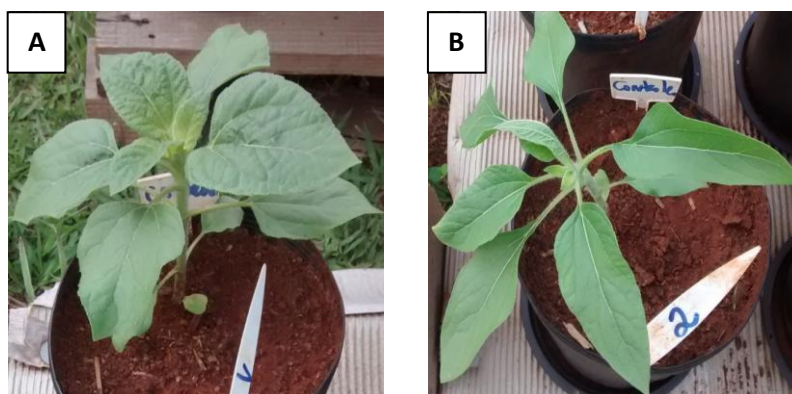
Tabela 5 - Valores das variáveis biométricas do girassol no 35º dia após o plantio das sementes.

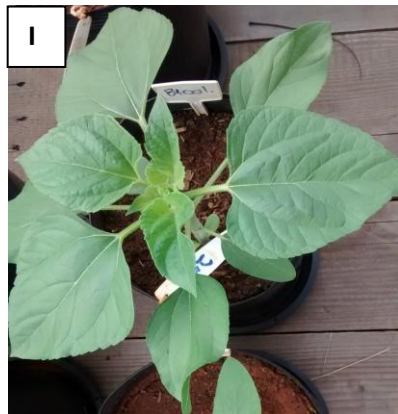
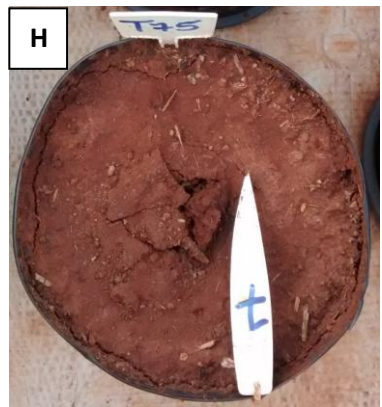
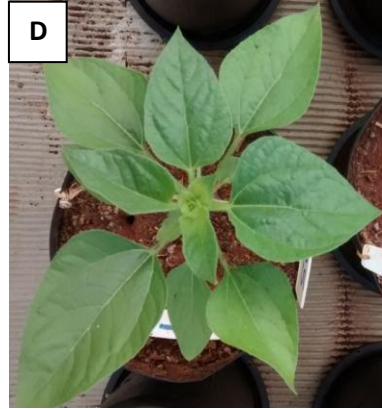
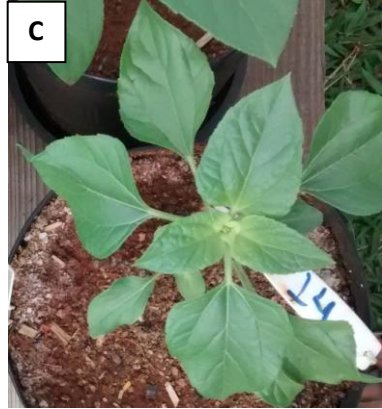
Tratamento	Vaso	HT (cm)	DBC (mm)	NF	AF (cm²)
Grupo	1	15,0	5,0	10	36,75
Controle	2	20,5	12,0	8	24,50
Grupo	13	19,0	6,0	10	50,50
B25%	14	15,5	4,0	8	19,50
Grupo	3	21,0	5,0	10	20,00
T25%	4	18,0	12,0	12	33,25
Grupo	15	21,0	12,0	12	52,50
B50%	16	18,0	5,0	10	37,75
Grupo	5	20,0	5,0	10	36,00
T50%	6	0,0	0,0	0	0,0

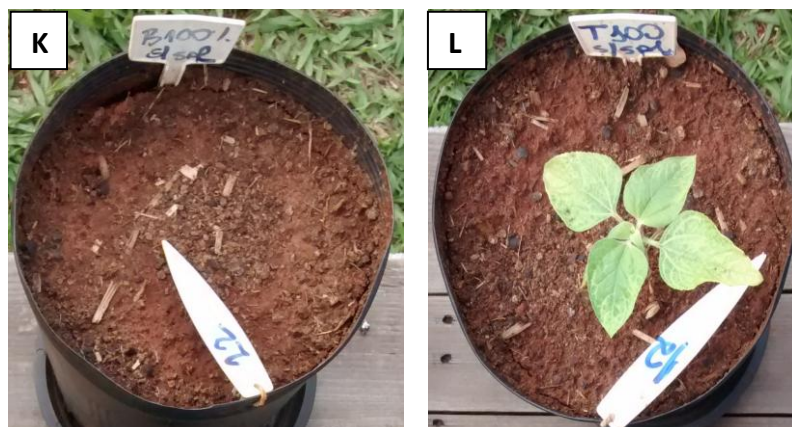
Grupo	17	21,0	12,0	14	30,00
B75%	18	17,5	6,0	11	36,25
Grupo	7	0,0	0,0	0	0,0
T75%	8	0,0	0,0	0	0,0
Grupo	19	10,0	5,0	6	17,25
B100%	20	20,0	12,0	11	59,75
Grupo	9	0,0	0,0	0	0,0
T100%	10	6,0	4,0	0	0,0
Grupo	21	24,5	12,0	13	35,75
B100% s/e	22	0,0	0,0	0	0,0
Grupo	11	0,0	0,0	0	0,0
T100% s/e	12	8,5	4,0	2	10,75

O girassol na fase vegetativa (Figura 11) mostra diferenças entre os estádios (Figura11– Fotos: A, B, C, D, E, F, G, I, J, e L), sementes não germinadas (K) e cicatriz no solo de uma semente possivelmente germinada (H). Com isso, no período de germinação supôs ter ocorrido escoamento da semente após rega do solo (por isso a diferença entre os estádios), não germinação das sementes, fatores externos como predação por aves ou outros animais.

Figura 11 – Fotos do girassol no 35º dia após o plantio das sementes. **Foto A:** Controle; **Foto B:** Controle; **Foto C:** [25]B; **Foto D:** [25]T; **Foto E:** [50]B; **Foto F:** [50]T; **Foto G:** [75]B; **Foto H:** [75]T; **Foto I:** [100]B; **Foto J:** [100]T; **Foto K:** [100]B sem Na₂SO₄; **Foto L:** Grupo T100% sem Na₂SO₄.







Nota-se que não houve correlação forte com os valores das análises das amostras de chorume da coleta 1 (Tabela 3) com os valores das variáveis biométricas (Tabela 4). Observou-se que a concentração 75% T não germinou, sendo que a germinação foi induzida com água destilada. Os valores entre os tratamentos do chorume 25 e 50% foram menos discrepantes. Os valores mais discrepantes estão entre o B 100% com eletrólito e o T 100% com eletrólito e o B 100% sem eletrólito com o T 100% sem eletrólito, que tiveram uma redução de HT e DBC de aproximadamente 66% entre bruto e tratado, levando a acreditar que o tratamento gerou subprodutos tóxicos clorados formados a partir da eletrólise dos próprios sais contidos no chorume. Os valores de NF e AF seguiram os resultados apresentados acima para os tratamentos, salvo algumas exceções de AF onde obteve-se valores muito diferentes entre o mesmo grupo.

A segunda medição foi realizada no dia 03/12/2014, 55 dias após a semeadura, as regas entre a primeira medição e segunda medição foram feitas com chorume da coleta 1 (4 dias) e 14 dias de rega com o chorume da coleta 2. Os valores das variáveis biométricas do girassol com 55 dias (Tabela 6) podem ser vistas na Tabela 5, assim como as fotos das do girassol podem ser visualizadas na Figura 13.

Tabela 6 - Valores das variáveis biométricas do girassol no 55º dia após a semeadura mostra Altura Total (HT), Diâmetro da base do Caule (DBC), Número de Folhas (NF) e Área Foliar (AF).

Tratamento	Vaso	HT (cm)	DBC (mm)	NF	AF (cm ²)
Grupo	1	30,5	10,0	15	26,50
Controle	2	44,0	12,0	11	68,25

Grupo	13	42,0	11,0	17	36,00
B25%	14	41,0	9,0	19	24,50
Grupo	3	57,0	11,0	19	43,75
T25%	4	41,0	11,0	21	32,00
Grupo	15	42,5	12,0	16	28,75
B50%	16	43,0	11,0	16	41,00
Grupo	5	46,0	10,0	20	46,00
T50%	6	0,0	0,0	0	0,0
Grupo	17	43,5	12,0	20	54,50
B75%	18	47,0	9,0	18	60,75
Grupo	7	0,0	0,0	0	0,0
T75%	8	0,0	0,0	0	0,0
Grupo	19	32,5	11,0	14	64,25
B100%	20	41,0	12,0	18	85,00
Grupo	9	0,0	0,0	0	0,0
T100%	10	0,0	0,0	0	0,0
Grupo	21	49,0	13,0	20	69,00
B100% s/e	22	0,0	0,0	0	0,0
Grupo	11	0,0	0,0	0	0,0
T100% s/e	12	22,5	6,0	14	46,25

Nota-se que o girassol com 55 dias teve um aumento de altura na faixa de 50% e todas as variáveis descritas para a medição no 35º dia permaneceram na mesma proporção de crescimento para todos os tratamentos (Figura 12).

Figura 12 – Gráfico da altura média total (HT) do girassol, em cm, realizadas no 35º, 55º e 75º dia após a semeadura, em relação aos tratamentos com o chorume.

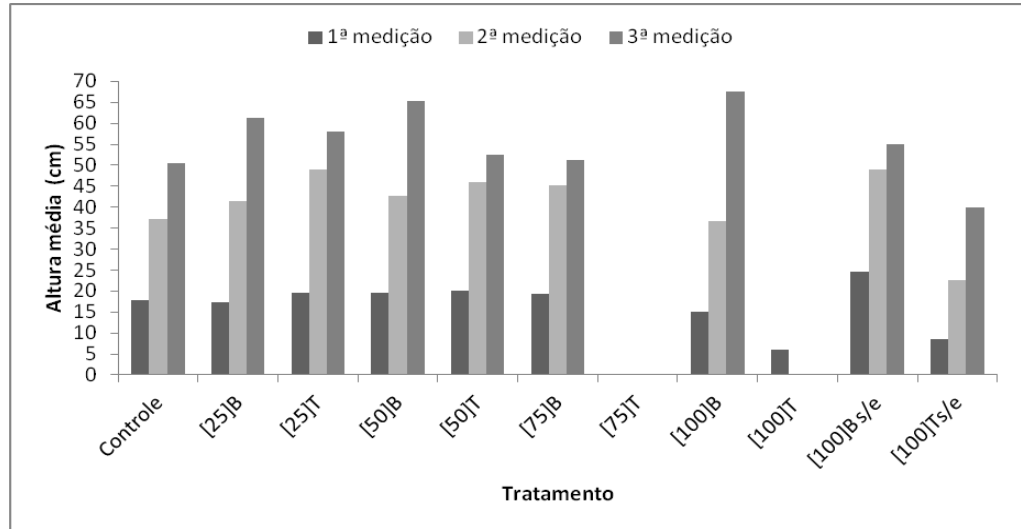
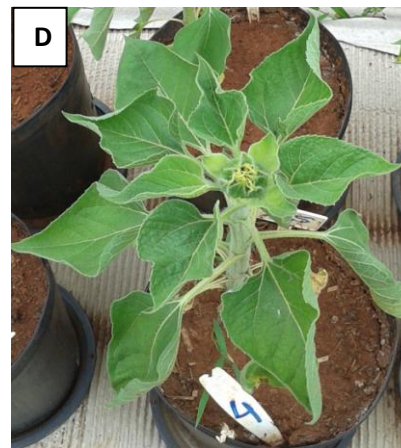
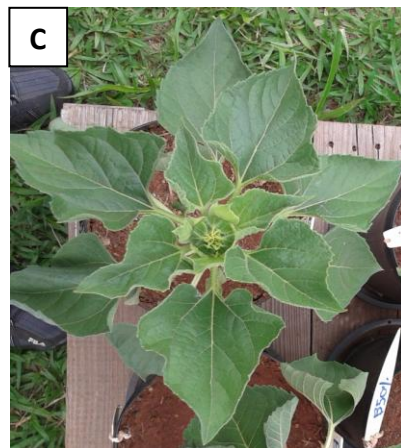
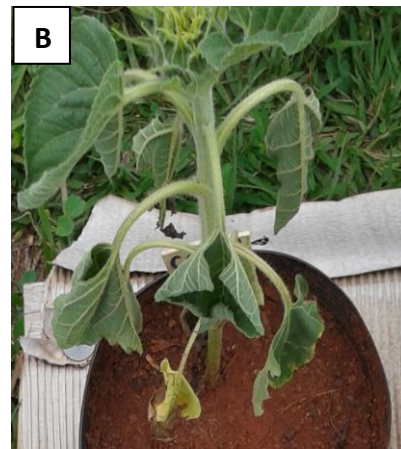
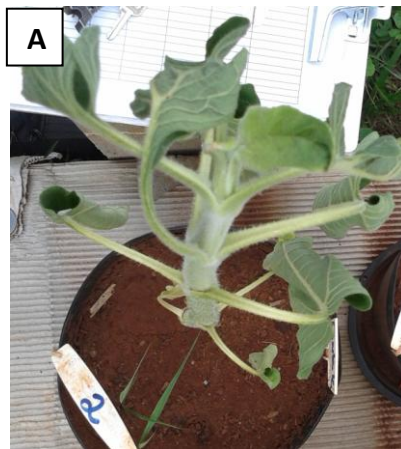
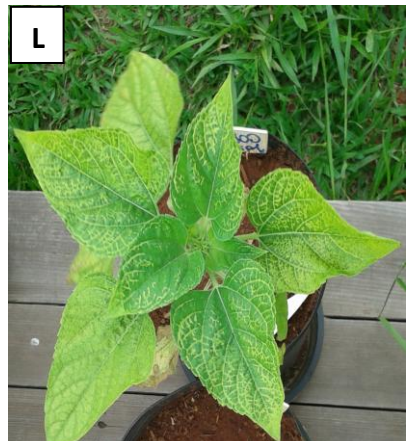
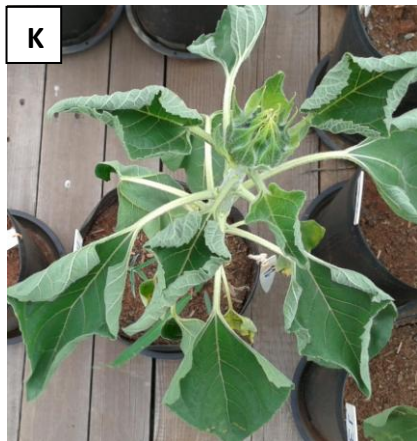
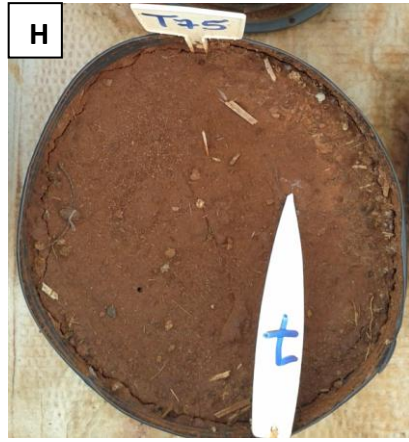
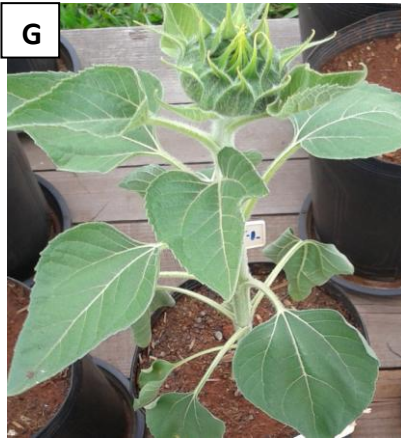
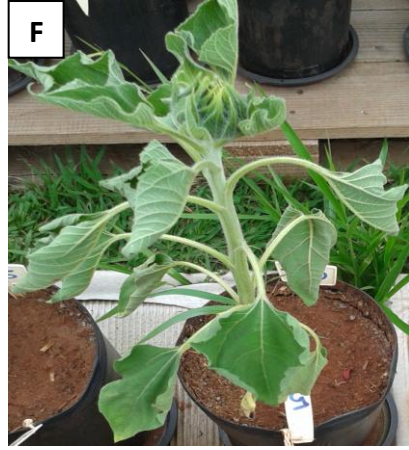
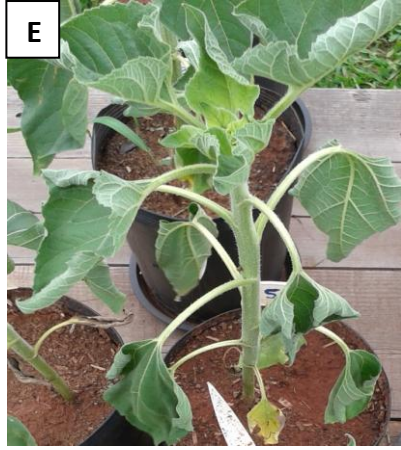


Figura 13 - Fotos do girassol no 55º dia após o plantio das sementes. **Foto A:** Controle; **Foto B:** Controle; **Foto C:** [25]B; **Foto D:** [25]T; **Foto E:** [50]B; **Foto F:** [50]T; **Foto G:** [75]B; **Foto H:** [75]T; **Foto I:** [100]B; **Foto J:** [100]T; **Foto K:** [100]B sem Na₂SO₄; **Foto L:** Grupo T100% sem Na₂SO₄.





De acordo com a Figura 13 observa-se um murchamento das plantas A, B, D E, F, I e K, em decorrência do estresse hídrico e falta de chuvas do período (data da medição e fotos 03/12/2014).

As regas com 90 ml de amostra do percolado tiveram que ser ajustadas de acordo com a necessidade hídrica maior no estágio reprodutivo e situação real das plantas, com isso a partir do 59º dia após o plantio das sementes regou-se com 200 ml de percolado por vaso.

Os valores das variáveis biométricas no 75º dia após a semeadura mostra o girassol em fase reprodutiva (Tabela 7). Para melhor visualizar os valores finais das medidas de altura total (HT), diâmetro da base do caule (DBC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) foram feitas médias dos valores de todas as concentrações do chorume (Figuras 14, 15 e 16).

Tabela 7 - Valores das variáveis biométricas do girassol no 75º dia após a semeadura mostra Altura Total (HT), Diâmetro da base do Caule (DBC), Número de Folhas (NF) e Área Foliar (AF).

Tratamento	Vaso	HT (cm)	DBC (mm)	NF	AF (cm²)
Grupo	1	41,0	8,0	11	28,25
Controle	2	60,0	11,0	8	50,00
Grupo	13	63,5	8,0	24	45,00
B25%	14	59,0	10,0	21	34,00
Grupo	3	60,0	10,0	10	82,00
T25%	4	56,0	8,0	17	56,50
Grupo	15	51,0	10,0	16	25,00
B50%	16	79,0	11,0	25	52,00
Grupo	5	52,0	10,0	13	57,25
T50%	6	0,0	0,0	0	0,0
Grupo	17	56,0	11,0	16	36,4
B75%	18	46,0	8,0	12	47,25
Grupo	7	0,0	0,0	0	0,0
T75%	8	0,0	0,0	0	0,0
Grupo	19	61,0	11,0	19	51,75

B100%	20	74,0	11,0	24	39,00
Grupo	9	0,0	0,0	0	0,0
T100%	10	0,0	0,0	0	0,0
Grupo	21	54,5	11,0	17	104,00
B100% s/e	22	0,0	0,0	0	0,0
Grupo	11	0,0	0,0	0	0,0
T100% s/e	12	40,0	6,0	6	51,50

Figura 14 – Gráfico do Diâmetro médio da Base do Caule (DBC), mm, em relação aos tratamentos de todas as medições realizadas.

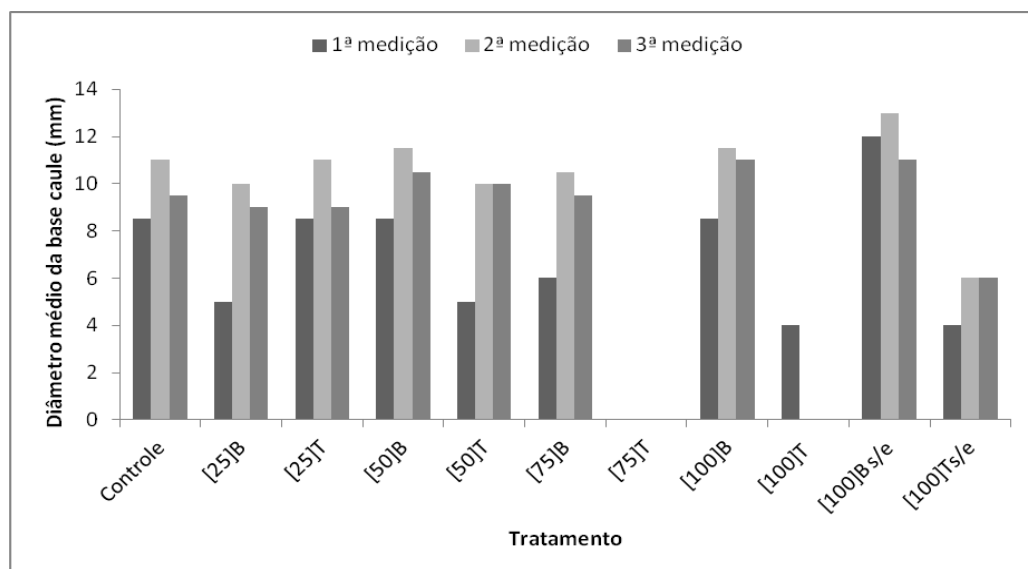


Figura 15 - Gráfico da média do Número de Folhas (NF), em relação aos tratamentos de todas as medições realizadas.

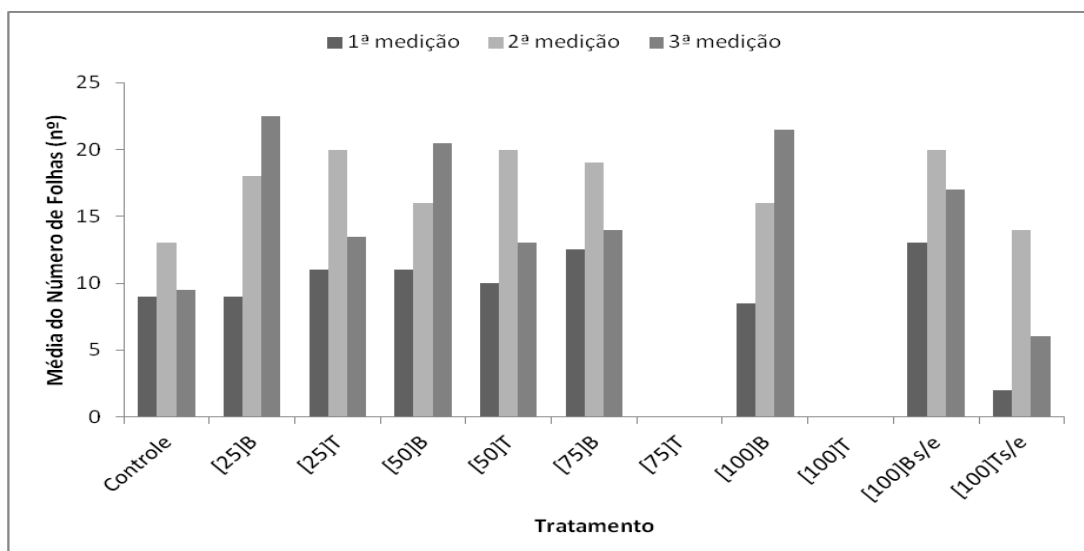
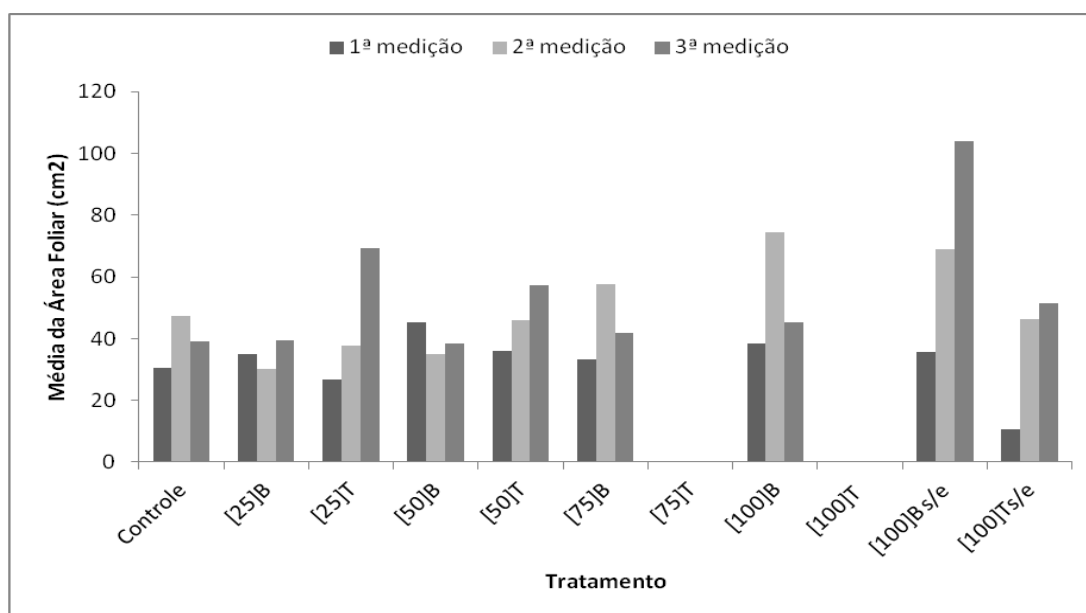


Figura 16 - Gráfico da média da Área Foliar, cm^2 , em relação aos tratamentos de todas as medições realizadas.



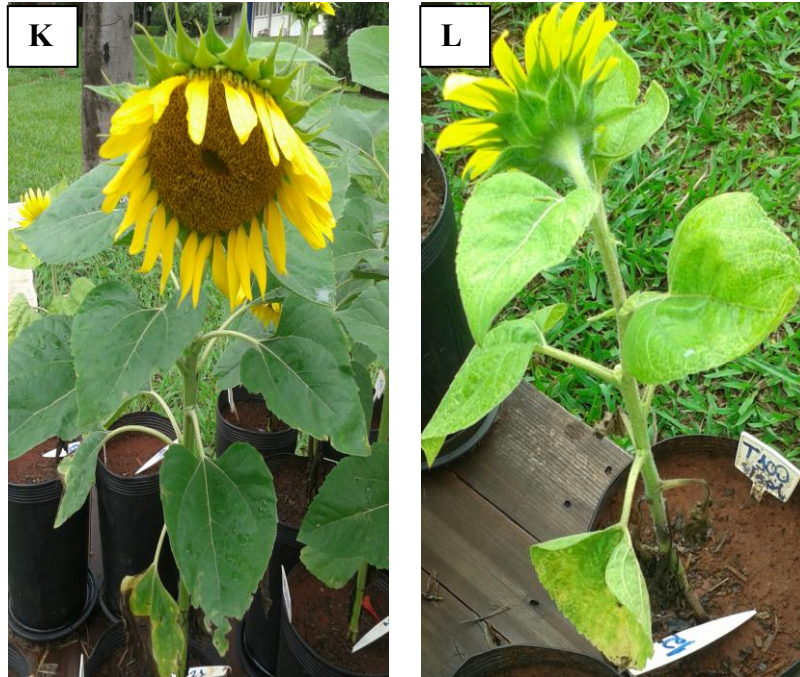
Na 75ª medição utilizou-se do chorume das coletas 2 e 3, no entanto, as características específicas do chorume para cada concentração não pareceu ter influenciado no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do girassol BRS 323.

O resultado dos valores das variáveis de crescimento do girassol irrigado nas concentrações 25 e 50% acabaram-se invertendo, ou seja, na 1ª e 2ª medição o tratado tinha um crescimento pouco maior, o que mudou na 3ª medição. O bruto 25% obteve HT e NF maiores que o tratado, DBC maior e igual, e AF os únicos valores permanecendo menores (Figuras 12, 14, 15 e 16). Os valores de crescimento para o chorume 100% sem eletrólito indicam que a HT tinha uma diferença próxima a 50%, chegou a 27% na última medição; o DBC obteve uma diferença de 50%; o NF de 65% e AF de 50%, indicando que mesmo em crescimento o Grupo Tratado permaneceu menor durante a maioria das medidas das variáveis biométricas do girassol BRS 323. Abaixo, fotos do girassol em fase reprodutiva no 75º dia após a semeadura (Figura 17).

Figura 17 – Foto do girassol BRS 323 no 75º dia após a semeadura. **Foto A:** Controle; **Foto B:** Controle; **Foto C:** [25]B; **Foto D:** [25]T; **Foto E:** [50]B; **Foto F:** [50]T; **Foto G:** [75]B; **Foto H:** [75]T; **Foto I:** [100]B; **Foto J:** [100]T; **Foto K:** [100]B sem Na_2SO_4 ; **Foto L:** Grupo T100% sem Na_2SO_4 .







Após o término das regas avaliou-se as medidas das variáveis de peso seco, tanto para as partes aéreas (PSA) como caule, folhas e flores, quanto para as partes subterrâneas (PSS) como a raiz (Tabela 8).

Abaixo da Tabela 8 encontram-se o gráfico das médias do peso seco das partes aéreas e o gráfico do peso seco das partes subterrâneas (Gráficos 17 e 18, respectivamente) a fim de melhor visualizar os resultados obtidos.

Tabela 8 – Avaliação da matéria seca do girassol após o término das regas. Variáveis de Peso Seco das partes Aéreas (PSA) e Peso Seco das partes Subterrâneas (PSS) em gramas (g).

Tratamento	Vaso	PSA (g)	PSS (g)
	1	11,79	0,77
Grupo Controle	2	17,01	14,79
Grupo	13	25,94	2,28
B25%	14	24,74	1,99
Grupo	3	20,27	9,74
T25%	4	21,14	2,02
Grupo	15	19,86	4,16
B50%	16	29,07	4,67

Grupo	5	22,97	2,03
T50%	6	0	0
Grupo	17	26,26	1,86
B75%	18	23,30	1,64
Grupo	7	0	0
T75%	8	0	0
Grupo	19	22,26	7,72
B100%	20	36,57	4,35
Grupo	9	0	0
T100%	10	0	0
Grupo	21	33,28	3,50
B100% s/e	22	0	0
Grupo	11	0	0
T100% s/e	12	8,89	0,71

Figura 18 – Gráfico da média do peso seco das partes aéreas, em g, em relação aos tratamentos.

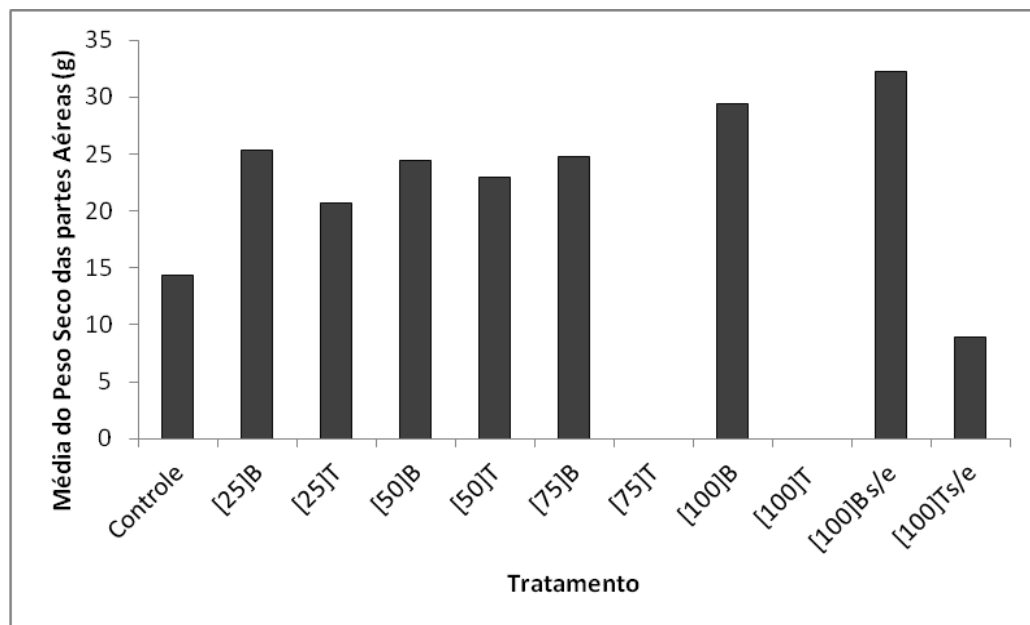
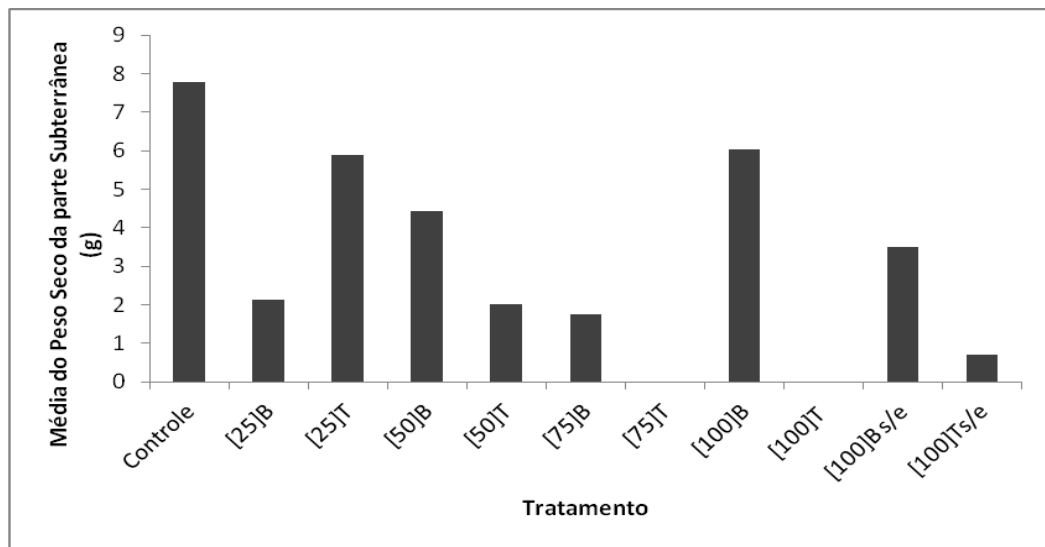


Gráfico 19 - Gráfico da média do peso seco das partes subterrâneas, em g, em relação aos tratamentos.



O peso seco das partes aéreas obteve um resultado mais significativo do que o peso seco das partes subterrâneas. Todos os vasos regados com chorume tratado tiveram uma redução no peso seco das partes aéreas, ou seja, 18% de redução na concentração [25], 6% de redução na concentração [50], 72% de redução na concentração [100] sem adição de Na_2SO_4 e não crescimento ou morte da planta com concentração [75] e [100] com adição de Na_2SO_4 , não podendo assim, essas duas concentrações serem devidamente correlacionadas com as respectivas concentrações de chorume bruto (Gráfico 17).

Os resultados do peso seco das partes subterrâneas podem mostrar que o efeito de estresse salino e/ou de estresse hídrico acarreta no maior crescimento da raiz, uma vez que esse crescimento está ligado à procura de água em camadas inferiores de substrato. No entanto, esse efeito não foi otimamente observado, uma vez que o tamanho do vaso pode ter sido um fator limitante de crescimento das raízes, onde se formou um emaranhado de raízes na parte mais inferior do vaso. Em algumas raízes observou-se a formação de rizomas, mostrando que as reservas contidas nestes órgãos poderão ser utilizadas pela planta, quando as condições de crescimento forem mais favoráveis.

Principais fatores limitantes de crescimento considerados no presente estudo:

- 1) *Tamanho do vaso*: levou-se em conta o tamanho do vaso pequeno para comprimento proporcional do vegetal e suas raízes, no entanto, este fator limitante foi o mesmo para todos, não afetando a comparação inter-indivíduos.

- 2) *Estresse hídrico*: tem vários efeitos sobre o crescimento, um dos quais é a limitação da expansão foliar e alongamento das raízes. A área foliar diminuída é uma resposta ao déficit hídrico. O alongamento das raízes leva preferencialmente em direções a zonas do solo que permanecem úmidas. O déficit hídrico estimula a abscisão foliar, sofrem senescência e, por fim, caem. (TAIZ e ZEIGER, 2009).
- 3) *Estresse salino*: a salinidade pode prejudicar a fisiologia, o crescimento e processos de desenvolvimento de plantas. Em situações extremas, ela pode reduzir a sobrevivência. As respostas iniciais das plantas a níveis excessivos de salinidade no solo são as mesmas descritas anteriormente para o déficit hídrico. A diferença é que normalmente, em ambientes salinos uma quantidade grande de água está disponível (ao contrário do presente estudo); mas mesmo com este ajuste de perda de turgidez; essas plantas frequentemente continuam a crescer mais lentamente por razão desconhecida que não está relacionada à turgidez (TAIZ e ZEIGER, 2009).

6 CONCLUSÕES

A altura média do girassol BRS 323 é de 166 a 190 cm na fase de maturação fisiológica, no estudo a altura máxima foi de 79 cm para o mesmo período. Nota-se que as concentrações do chorume 25, 50, 75% tanto na sua forma bruta quanto na sua forma tratada obtiveram resultados das variáveis menos discrepantes entre si. Entretanto, valores de altura total e número de folhas permaneceram maiores para o Grupo bruto dessas concentrações, e diâmetro da base do caule maior e igual e apenas a área foliar apresentou-se com valores maiores que o Grupo tratado. Já os tratamentos com as amostras 100% bruto e 100% tratado tiveram resultados mais discrepantes; nas plantas irrigadas com o efluente bruto as variáveis estudadas tiveram maiores valores que as plantas irrigadas com o efluente tratado. Neste último caso, as plantas apresentaram tamanho reduzido e coloração. A média do peso seco das partes aéreas do chorume tratado esteve menor do que a média do chorume bruto, que pode estar relacionada com os resultados das demais variáveis. Provavelmente ocorreu a formação de subprodutos tóxicos clorados formados a partir da eletrólise dos próprios sais contidos no chorume.

Os subprodutos podem ser substâncias orgânicas resultantes da combinação de cloro com compostos orgânicos, que são tóxicas para organismos aquáticos e contaminantes persistentes do ambiente. A quantidade formada destes compostos depende da concentração do composto clorado.

Nota-se que comparativamente que a germinação é mais sensível à salinidade do chorume do o ciclo vegetativo. As plantas obtiveram um crescimento considerável, porém muito abaixo do valor real para o híbrido em estudo. Os nutrientes contidos no chorume podem ter sido úteis para o girassol, entretanto, sua composição é muito variável a ponto de proporcionar resultados discrepantes de crescimento entre os indivíduos testados.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo o tamanho amostral foi muito pequeno, ou seja, o número de plantas teria que ser maior para uma maior confiabilidade nos resultados. É recomendável considerar a salinidade do chorume e a profundidade da semente no momento do plantio, pois estes parâmetros afetam e impedem significativamente a germinação. Testes preliminares realizados e não relatados neste trabalho resultaram em não-crescimento da planta, corroborando para a importância destes parâmetros.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 21th ed., Washington, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Ed. Especial 10 Anos, 2012. 116p. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14283 resíduos em solos: determinação da biodegradação pelo método Respirométrico**. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004 amostragem de resíduos**. Rio de Janeiro, 1987.

ATAÍDE, L. M. S.; LOPES, S. R.; ROSA, C. S.; SIMÕES, D. A.; TAVARES, K. G. Avaliação da fitotoxicidade de compostos orgânicos a partir de ensaios biológicos envolvendo sementes de tomate. **Scientia Plena**, v. 7, n. 8, 2011. 12p. Disponível em < <http://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/366/166>>. Acesso em: 01 de abr. de 2014.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 430: Padrões de Lançamentos de Efluentes**, CONAMA, 430, 2011. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646. Acesso em: 10 de nov 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa. ACS, 2009. 399p.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). Esgotamento sanitário: operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamentos de esgotos: Guia profissional em treinamento, nível 2. **RECESA**. Belo Horizonte, 2008. 120p.

BEKBÖLET, M.; LINDNER, M.; WEICHHREBE, D.; BAHNEMANN, W. Photocatalytic detoxification with the thin-film fixed-bed reactor (TFFBR): Clean-up of highly polluted landfill effluents using a novel TiO₂-photocatalyst. **Solar Energy**. v. 56, p. 455-469, 1996.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A.C; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Boletim 106, Campinas, p. 77, 2009.

CARVALHO, C. G. P; et al. **BRS 323**. Cultivar de girassol. Londrina, EMBRAPA, 2013. 1 folder.

CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; CASTRO, C.; SILVEIRA, J. M. **Fases de desenvolvimento da planta de girassol**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997. 24p. Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSo/2400/1/doc059.pdf>>. Acesso em: 25 de mar. 2014.

CISCATO, C. A. Aplicações da Eletrólise. **Revista de Ensino de Ciências**. São Paulo. n. 21, p. 24-36, 1988.

COMNINELLIS, C.; DE BATTISTI, A. Electrocatalysis in anodic oxidation of organics with simultaneous oxygen evolution. **Journal De Chimie Physique Et De Physico-Chimie Biologique**. v. 93, p. 673-679, 1996.

COMMINELLIS, C.; NERINI, A. Anodic oxidation of phenol in the presence of NaCl for wastewater treatment. **Journal of Applied Electrochemistry**. v.25, p. 23–28. 1995.

COMNINELLIS, C.; PULGARIN, C. Electrochemical oxidation of phenol for wastewater treatment using SnO₂ anodes. **Journal of Applied Electrochemistry**. v. 23, n. 2, p. 108-112, 1993.

CUNHA, R. P. **Influência dos líquidos percolados do aterro de lixo da cidade de Florianópolis - SC. Brasil, no desenvolvimento de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman.ex Moldenke**. 2003. 57f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/85530/208769.pdf?sequence=1>. Acesso em: 03 de out. 2013.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE. **Avaliação das potencialidades da cultura do girassol, como alternativa de cultivo no semiárido nordestino**. Natal, n. 40, 2011. 41p.

GIORDANO, G.; BARBOSA FILHO, O.; CARVALHO, R. J. Processos físico-químicos para tratamento do chorume de aterros de resíduos sólidos urbanos. **Coletânea em Saneamento Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 4, 178p, 2011. Disponível em: <<http://www.coamb.eng.uerj.br/download/coamb-TA-Volume4.pdf>>. Acesso em: 03 de mar 2014.

GUIZARD, J. B. R.; PERES, C. R.; BRONZEL, D.; FERREIRA, E. R.; PONTES, F. F. F.; RAFALDINI, M. E. Aterro Sanitário de Limeira: Relatório Técnico. **Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal**, Curso de Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, 2004.

GUIZARD, J. B. R.; RAFALDINI, M. E.; PONTES, F. F. F.; BRONZEL, D.; PERES, C. R.; FERREIRA, E. F.; REIS, F. A. Aterro Sanitário de Limeira: Diagnóstico Ambiental. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 3, n.1, p. 72-81, 2006.

KANG, K.; SHIN, H.S.; PARK, H. Characterization of humic substances present in landfill leachates with different landfill ages and its implications. *Water Research*, v.36, p.4023–4032, 2002.

LIBÂNIO, P. A. C. **Avaliação da eficiência e aplicabilidade de um sistema integrado de tratamento de resíduos sólidos urbanos e de chorume**. 2002. 156f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) - Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, 2002.

MAYR, E. **Isto é biologia: A ciência do mundo vivo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

MORAES, P. B. **Tratamento de chorume de aterro sanitário usando eletrolise foto-assistida**. 2004. 118p. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

MORAES, P. B.; BERTAZZOLI, R. **Electrodegradation of landfill leachate in a flow electrochemical reactor**. *Chemosphere*. v. 58, p. 41–46, 2005.

PACHECO, J. R. **Estudo de certas potencialidades de processos oxidativos avançado para o tratamento de percolado de aterro sanitário**. 2004. 81p. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

PASCHOAL, C. M. R. B. e ROCHA, O. **Avaliação ecotoxicológica de sedimentos em reservatórios da bacia do rio Tietê, SP, com ênfase na aplicação do estudo de AIT- Avaliação e Identificação da Toxicidade**. 2002. 146p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

SEGATO, L. M.; SILVA, C. L. Caracterização do Chorume do Aterro sanitário de Bauru. **Anais do 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental – AIDIS**, Porto Alegre, 2000.

SCHENEIDER, A. A.; MILLER, J. F.; BERGLUND, D. R. **Description of Sunflower Growth Stages**. *Crop Sci*. 21:901-903, 1998.

SILVEIRA, J. E. **Tratamento eletrolítico de lixiviado de aterro sanitário**. 2012. 83p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Inovação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, Limeira-SP, 2012.

SIMOND, O.; SCHALLER, V.; COMNINELLIS, C. Theoretical model for the anodic oxidation of organics on metal oxide electrodes. **Electrochimica Acta**. v. 42, n. 13-14, p. 2009-2012, 1997.

SOUZA, J. R. M.; SOARES, L. A. A.; SOUSA JÚNIOR, J. R.; MAIA, P. M. E.; ANDRADE, E. M. G.; MARACAJÁ, P. B. Estresse salino simulado com NaCl na germinação de sementes de girassol cv. BRS 323. **ACSA – Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande, v. 8, n.2, p 67-71, 2012. Disponível em: < <http://150.165.111.246/ojs-patos/index.php/ACSA/article/view/432>>. Acesso em: 26 de mai de 2014.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p.738-771.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNICAMP). **Dados Meteorológicos** [2013]. Disponível em:< <http://www.ft.unicamp.br/~meteorologia/NOAAPRYR.TXT>> Acesso em: 14 de jan 2015.

