

RODRIGO MAGALHÃES FARIA

**SILICATO DE ALUMÍNIO COMO MANEJO ALTERNATIVO DE PLANTAS
DANINHAS**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Produção Vegetal, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Leonardo David Tuffi Santos

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Arnaldo Fernandes

Faria, Rodrigo Magalhães.

F224s 2017 Silicato de alumínio como manejo alternativo de plantas daninhas /
Rodrigo Magalhães Faria. Montes Claros, MG: Instituto de Ciências
Agrárias/UFMG, 2017.
43 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Federal
de Minas Gerais, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo David Tuffi Santos.

Banca examinadora: Vitor Diniz Machado, Edson Aparecido dos
Santos, Luiz Arnaldo Fernandes, Leonardo David Tuffi Santos.

Referências: f: 38-43.

1. Caolim. 2. Resíduos industriais. 3. Controle Físico. 4. Banco-de-
sementes. I. Tuffi Santos, Leonardo David. II. Instituto de Ciências
Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. III. Título.

CDU: 632

RODRIGO MAGALHÃES FARIA

SILICATO DE ALUMÍNIO COMO MANEJO ALTERNATIVO DE PLANTAS DANINHAS

Prof. Dr. Leonardo David Tuffi Santos
(Orientador – UFMG/ICA)

Aprovada em 22 de Fevereiro de 2017.

Montes Claros
2017

DEDICO

Aos meus pais, que, por mais difícil tenha sido a caminhada, nunca deixaram de me apoiar e muito menos seguir sozinho.

AGRADECIMENTOS

À meus pais, Jadir e Leonor. À minha namorada, Julia, que, com muita paciência, companheirismo e amor, foram de suma importância para esta conquista.

À Julia novamente, porque ela merece.

Ao meu orientador, Leonardo, pela confiança, paciência e apoio.

Aos amigos de Dores do Indaiá e de Montes Claros, por fazerem tudo ser mais simples e divertido.

Aos membros do GPPLAN (Grupo de Pesquisa em Plantas Daninhas), pelo apoio e contribuição.

Aos professores e técnicos administrativos do ICA, por todo conhecimento compartilhado.

À Companhia Brasileira de Lítio CBL, pelo fornecimento do silicato de alumínio usado na pesquisa, e ao seu representante Cláudio Tajima.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado e auxílio financeiro.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo aporte financeiro.

À Universidade Federal de Minas Gerais e ao Instituto de Ciências Agrárias, por possibilitarem que um sonho se tornasse realidade.

“O que se lê sem esforço foi escrito com muita dificuldade.”

Enrique J. Poncela

SILICATO DE ALUMÍNIO COMO MANEJO ALTERNATIVO DE PLANTAS DANINHAS

RESUMO

Com o franco crescimento da industrialização também aumenta a quantidade de resíduos gerados. Mineradoras são exemplos de grandes emissoras de resíduos. Em muitos casos esses resíduos tem alto poder poluente, o que gera risco de poluição ambiental. Com isso, estudos que avaliem formas de disposição desses resíduos de maneira segura ao meio ambiente são de suma importância. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi elucidar o impacto da aplicação de silicato de alumínio na emergência de plantas daninhas. Conduziu-se o experimento em casa de vegetação em vasos com volume de 5 dm³ no ano agrícola 2015/2016 na cidade de Montes Claros - MG. O delineamento usado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2+1 que correspondeu à 4 doses de silicato de alumínio, 2 métodos de aplicação e um tratamento adicional sem aplicação de silicato de alumínio com 4 repetições perfazendo 36 unidades experimentais. Contou-se o número de plântulas emergidas aos 7 e 20 dias após a emergência e estas foram classificadas de acordo com a família e espécie. Com esses dados foi possível realizar um levantamento fitossociológico a partir do qual foram calculados diversos índices, dentre eles o índice de valor de importância e o coeficiente de similaridade. Aos 20 dias após o início da emergência, coletou-se a parte aérea das plantas para avaliação de acúmulo de matéria fresca e seca. O silicato de alumínio alterou a emergência das plantas daninhas. Quando aplicado em superfície, conforme aumentou-se a dose de silicato de alumínio o número de indivíduos, a quantidade de espécies e o acúmulo de matéria fresca e seca reduziram. A barreira física de silicato de alumínio afetou todas as espécies estudadas, como consequência os IVIs e coeficientes de similaridade também mudaram. As espécies com sementes miúdas e fotoblásticas positivas foram as mais afetadas, como é o caso de *Amaranthus spinosus*, *Portulaca oleracea* que praticamente não emergiram nas doses de 180 e 240 t ha⁻¹. Quando incorporou-se o silicato de alumínio a emergência foi estimulada e germinaram mais plântulas nesses tratamentos do que nas testemunhas ausentes de aplicação desse resíduo. Conclui-se que a partir da dose de 60 ton ha⁻¹ o silicato de alumínio aplicado em superfície reduz a emergência de plântulas, enquanto a disposição desse resíduo incorporado ao solo estimula à emergência o que gera a possibilidade de destinação desse resíduo em solos agrícolas.

Palavras chave – Caolim. Resíduos industriais. Controle Físico. Banco-de-sementes.

ALUMINUM SILICATE AS ALTERNATIVE WEED MANAGEMENT

ABSTRACT

With the frank growth of industrialization also increases the amount of waste generated. Mining companies are examples of major waste stations. In many cases, these wastes have a high polluting potential, which creates the risk of environmental pollution. Therefore, studies that evaluate ways to dispose of these wastes safely to the environment are of paramount importance. In this sense, the objective of this work was to elucidate the impact of the application of aluminum silicate on the emergence of weeds. The experiment was conducted in greenhouse in pots with a volume of 5 dm³ in the agricultural year 2015/2016 in the city of Montes Claros - MG. The experimental design was a randomized complete block design in a 4x2 + 1 factorial scheme that corresponded to 4 doses of aluminum silicate, 2 application methods and an additional treatment without application of aluminum silicate with 4 replicates, making up 36 experimental units. The number of emerged seedlings was counted at 7 and 20 days after emergence and these were classified according to family and species. With these data it was possible to carry out a phytosociological survey from which several indexes were calculated, among them the index of importance value and the coefficient of similarity. Twenty days after emergence, the aerial part of the plants was collected to evaluate the accumulation of fresh and dry matter. The aluminum silicate altered the emergence of weeds. When applied on surface, as the dose of aluminum silicate was increased the number of individuals, the amount of species and the accumulation of fresh and dry matter reduced. The physical barrier of aluminum silicate affected all the studied species, consequently the IVIs and coefficients of similarity have also changed. The species with small and positive photoblastic seeds were the most affected, as is the case of *Amaranthus spinosus*, *Portulaca oleracea* that practically did not emerge at the doses of 180 and 240 t ha⁻¹. When the aluminum silicate was incorporated, the emergence was stimulated and germinated more seedlings in these treatments than in the absent witnesses of application of this residue. It is concluded that from the dose of 60 ton ha⁻¹ the surface aluminum silicate reduces the emergence of seedlings, while the provision of this residue incorporated in the soil stimulates the emergence which generates the possibility of destination of this residue in agricultural soils.

Key words – Kaolin. industrial waste. physical control. soil seed bank.

LISTA DE FIGURAS

Gráfico 1 - Número total de plântulas por família botânica em três ambientes de cultivo	22
Gráfico 2 - Número de plântulas por família botânica emergidas após aplicação de quatro doses de silicato de alumínio 60 (A), 120 (B), 180 (C) e 240 (D) t ha ⁻¹ em superfície, incorporado e testemunha (ausente de aplicação de silicato de alumínio) após 20 dias de cultivo	25
Figura 1 - Diagrama de Venn ilustrando os números de espécies exclusivas e compartilhadas entre dois métodos de aplicação de silicato de alumínio e testemunha para as diferentes doses.....	27
Gráfico 3 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas sob dose de 60 t ha ⁻¹ de silicato de alumínio aplicada sobre o solo correspondendo à barreira física de 1 cm.....	29
Gráfico 4 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas sob dose de 120 t ha ⁻¹ de silicato de alumínio aplicada sobre o solo correspondendo à barreira física de 2 cm.....	29
Gráfico 5 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas sob dose de 180 t ha ⁻¹ de silicato de alumínio aplicada sobre o solo correspondendo à barreira física de 3 cm.....	30
Gráfico 6 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas sob dose de 240 t ha ⁻¹ de silicato de alumínio aplicada sobre o solo correspondendo à barreira física de 4 cm.....	31
Gráfico 7 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas em solo sem aplicação de silicato de alumínio	32
Gráfico 8 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas em solo incorporado com 60 t ha ⁻¹ de silicato de alumínio	33
Gráfico 9 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas em solo incorporado com 120 t ha ⁻¹ de silicato de alumínio.....	33
Gráfico 10 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas em solo incorporado com 180 t ha ⁻¹ de silicato de alumínio	34
Gráfico 11 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas em solo incorporado com 240 t ha ⁻¹ de silicato de alumínio.....	34
Gráfico 12 - Número de plântulas emergidas por espécie após aplicação de quatro doses de silicato de alumínio em superfície e incorporado e testemunha, para as espécies <i>Amaranthus retroflexus</i> (A), <i>Amaranthus spinosus</i> (B), <i>Eleusine indica</i> (C), <i>Portulaca oleracea</i> (D), <i>Ipomoea triloba</i> (E) e <i>Commelina benghalensis</i> (F).....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química e textural do substrato usado no estudo	19
Tabela 2 - Número de plântulas aos sete dias, número total de plântulas, massa fresca, massa seca e emergência de plântulas por dia sob quatro doses de silicato de alumínio com dois métodos de aplicação	21
Tabela 3 - Família botânica, espécies, nome comum e número de indivíduos de plantas daninhas emergidas durante o cultivo.	23
Tabela 4 - Coeficiente de similaridade entre quatro doses de silicato de alumínio em duas formas de aplicação e testemunha.....	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1. Plantas daninhas e banco-de-sementes do solo	13
3.2 Impacto ambiental provocado por escórias industriais	14
3.3 Reutilização de silicato de alumínio e disposição final no ambiente	15
4 ARTIGO	17
4.1 Artigo – Silicato de Alumínio como manejo alternativo de plantas daninhas.....	17
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O reestabelecimento da flora após remoção da cobertura vegetal de uma área, seja por vias naturais ou antrópicas, ocorre por meio do banco-de-sementes do solo. O banco-de-sementes caracteriza-se por todo e qualquer tipo de propágulo presente no solo capaz de germinar. O banco-de-sementes é alimentado ao longo do tempo por sementes produzidas pela vegetação local, trazidas por ventos, chuvas, em fezes ou aderidas ao corpo de animais e pode sofrer redução quando as sementes germinam, são predadas ou morrem. Nos agroecossistemas, o banco-de-semente é origem de um dos maiores problemas da agricultura: as plantas daninhas.

Plantas daninhas causam danos diretos e indiretos aos cultivos agrícolas e caracterizam-se como toda e qualquer planta que cause prejuízo a alguma atividade antrópica (SILVA, 2006). Existem diversas técnicas para o manejo de plantas daninhas, mais ou menos onerosas, simples, complexas e em vários níveis tecnológicos. Quanto mais jovens as plantas daninhas estiverem ao realizar-se o controle, maior a chance de este ser bem-sucedido, de modo que as plantas em estágios menos desenvolvidos tendem a ser mais sensíveis às adversidades.

Evitar que as sementes de plantas daninhas germinem, facilita o seu manejo. Barreiras físicas podem reduzir drasticamente a germinação e a emergência de sementes de determinadas espécies, seja por alterarem o ambiente em que as sementes estão ou por promoverem redução da incidência luminosa e da temperatura. Quanto maior o tempo de permanência das sementes no solo, maior a exposição a patógenos, predadores e ações antrópicas. Na confecção de barreiras físicas, pode-se usar materiais orgânicos e inorgânicos, como restos culturais, cobertura vegetal, adubos verdes e resíduos industriais. O uso de rejeitos industriais é interessante, pois, além de controlar plantas daninhas, é uma maneira de disposição de resíduos com baixo impacto ambiental.

Os maiores produtores de resíduos industriais são as mineradoras. Nos processos de beneficiamento dos minérios são gerados milhões de toneladas de resíduos (AMARAL FILHO *et al.*, 2013). Somente no estado do Pará, nas etapas de separação granulométrica e branqueamento do silicato de alumínio, produz-se mais de 1 milhão de toneladas de rejeitos por ano (BARATA *et al.*, 2005), com elevado potencial poluidor (SILVA; VIDAL; PEREIRA, 2001).

Diante do exposto, objetivou-se, com a presente trabalho apresentar e discutir a possibilidade de uso de silicato de alumínio como barreira física no manejo de plantas daninhas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Objetivou-se, com o presente estudo, discorrer sobre a reutilização de resíduos industriais e avaliar a possibilidade do uso do silicato de alumínio no manejo de plantas daninhas, sobretudo na inibição da emergência do banco-de-sementes de plantas daninhas presentes no solo em áreas agrícolas.

2.2 Objetivos específicos

Conhecer qual dose de silicato de alumínio e qual forma de aplicação é mais eficiente para o manejo do banco-de-sementes do solo. Elucidar quais espécies são mais sensíveis à aplicação desse resíduo em cobertura e se a incorporação do silicato de alumínio causa algum efeito na emergência de plântulas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Plantas daninhas e banco-de-sementes do solo

Plantas daninhas se caracterizam por qualquer planta que, de alguma maneira, prejudique as atividades antrópicas (SILVA, 2006). Podem ser classificadas em verdadeiras e comuns. Plantas daninhas verdadeiras possuem diversas adaptações que lhes permitem sobreviver em condições adversas, adaptações que não estão presentes em plantas daninhas comuns, tais como: dormência de sementes, germinação desuniforme, grande produção de propágulos de fácil dispersão e de grande longevidade.

Plantas daninhas podem interferir de maneira direta e/ou indireta. A interferência direta ocorre entre plantas e envolve a alelopatia e a competição. A alelopatia é o processo em que plantas liberam compostos químicos que impedem o desenvolvimento de outras. Por sua vez, a competição ocorre quando há limitação de determinado recurso de crescimento, como água, nutrientes e espaço (MULLER, 1969). Já a interferência indireta ocorre em situações em que a presença das plantas daninhas dificulta ou impossibilita determinada prática cultural. Por exemplo, o processo de colheita (NEGRISOLI *et al.*, 2009) ou quando as plantas daninhas atuam como hospedeiras alternativas de pragas (CHRISTOFFOLETI; PASSINI, 1999) e doenças (ANDRADE *et al.*, 2012), ou ainda, quando em áreas urbanas geram ambientes propícios ao estabelecimento de animais peçonhentos (BARBOSA *et al.*, 2003) e vetores de doenças. Contudo, plantas daninhas também podem ser benéficas aos agroecossistemas, pois algumas fixam nutrientes, descompactam e protegem o solo de erosão e ainda podem ser usadas como adubo verde (ERASMO *et al.*, 2004) e repelentes de insetos praga (MOREIRA *et al.*, 2005; CORREA; SALGADO, 2011).

A interferência imposta por plantas daninhas é um problema que atinge praticamente todos os cultivos agrícolas no Brasil. Caso este problema não seja tratado de maneira correta, pode gerar prejuízos superiores a 60% na produção (FARIA; BARROS; SANTOS, 2014). O nível de interferência depende de fatores específicos tanto da cultura quanto das plantas daninhas presentes na área. Os principais fatores são velocidade de crescimento, eficiência de uso dos recursos de produção e arquitetura das plantas (SILVA; JAKELAITIS; FERREIRA, 2004). Quanto maior a densidade de plantas maior será a competição entre os indivíduos. Adicionalmente, espécies fisiologicamente próximas tendem a utilizar de maneira semelhante os fatores de crescimento, acirrando ainda mais a competição (FARIA; BARROS; SANTOS, 2014; BARROS *et al.*, 2017).

Existe um período inicial do ciclo em que o convívio não causa prejuízos à cultura, conhecido como período anterior à interferência; nesse momento, o ambiente consegue suprir as necessidades de todos os indivíduos presentes na área (BRIGHENTI *et al.*, 2004; VELINI, 1992). Diversas são as maneiras que as plantas usam para serem mais competitivas por recursos, tais como, intensificação da produção de raízes (PROCÓPIO *et al.*, 2002) e maior eficiência no uso da água e de nutrientes (RADOSEVICH *et al.*, 1996; PROCÓPIO *et al.*, 2004). Entretanto, há plantas menos eficientes na captação e uso de recursos que apresentam uma série de problemas como a redução da taxa fotossintética devido a deficiências nutricionais, hídricas (FLOSS, 2008) e baixa disponibilidade luminosa (MEROTTO Jr; FISCHER; VIDAL, 2009).

Depois de estabelecida a interferência, os efeitos podem ser irreversíveis, mesmo com a erradicação das plantas daninhas. O conhecimento dessas informações é crucial para o sucesso do manejo das plantas daninhas. No manejo correto, os custos do controle das plantas daninhas devem ser inferiores aos danos provocados por elas. Para isso, pode-se integrar diversos métodos de controle, tais como: controle químico (KALSING; VIDAL, 2012), físico (CORREIA; DURIGAN, 2004), mecânico e cultural (CHIOVATO *et al.*, 2007). As principais formas de chegada de propágulos de plantas daninhas em novas áreas são através de sementes presentes em fezes de animais (ALMEIDA *et al.*, 2015), transportadas via água e vento, aderidas a animais e através de plantios contaminados. Após se estabelecer e completar seu ciclo, o banco-de-sementes do solo é alimentado, o que dificulta ainda mais o controle (MESQUITA; ANDRADE; PEREIRA, 2014). O banco-de-sementes do solo caracteriza-se por todo e qualquer tipo de propágulo presente no solo apto a germinar. Quando se utiliza qualquer método de controle de plantas daninhas o banco-de-sementes é o responsável pela reinfestação da área. O banco-de-semente diminui quando ocorre germinação ou morte, ou quando as sementes são atacadas por predadores (MESQUITA; ANDRADE; PEREIRA, 2014). Em áreas nativas, o banco-de-sementes tem importante papel no reestabelecimento da flora em áreas que sofreram algum tipo de intervenção natural ou antrópica (CAPELESSO; SANTOLIN; ZANIN, 2015).

Sempre que há revolvimento no solo, seja para plantio ou até mesmo para controle de plantas daninhas, novas camadas do banco-de-sementes são expostas a condições favoráveis à germinação. E um novo fluxo de plantas daninhas germina. Portanto, são indicadas técnicas de plantio que evitem o revolvimento do solo. Em solos com o banco-de-sementes cheio, o controle físico é uma forma eficiente de controle e pode ser realizado através da inundação, solarização ou adição de coberturas orgânicas ou inorgânicas (SILVA, 2006).

A deposição de cobertura sobre o solo altera a quantidade de luz incidente, reduz variações de temperatura e mantém a umidade por períodos mais longos. Essas alterações influenciam diretamente o comportamento das sementes presentes no banco-de-sementes do solo. A redução da luminosidade impede a germinação de espécies fotoblásticas positivas, que são plantas que necessitam de luz para iniciar o processo germinativo (CAVALCANTE; PEREZ, 1996). Já as espécies que conseguem germinar em condições de baixa luminosidade, mas possuem sementes pequenas e com pouca quantidade de reservas energéticas, têm suas chances de romper a barreira física imposta pela cobertura do solo reduzidas drasticamente (MESCHEDE; FERREIRA; RIBEIRO, 2007; QUEIROZ *et al.*, 2010; VAZ de MELO *et al.*, 2007). E, mesmo que consiga emergir, essa semente dará origem a uma plântula mais fraca e sensível às adversidades.

3.2 Impacto ambiental provocado por escórias industriais

Todo processo industrial transforma matérias-primas em produtos e nesse processo eventualmente geram-se resíduos. Estes podem tornar-se grande problema ambiental se forem dispostos no meio ambiente de maneira irregular ou sem o devido tratamento. No Brasil, a legislação é rígida em relação à disposição de resíduos, sobretudo após o Decreto n. 7.404, que regulamenta a lei 12.305/2010, em que se instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que rege e fiscaliza a

deposição deste material. Portanto, os custos da disposição final de resíduos de forma correta são elevados (ALTAFIN *et al.*, 2004; PELIZER; PONTIERI; MORAES, 2007; ALMEIDA *et al.*, 2015).

No processamento de produtos agrícolas, são gerados diversos resíduos, tais como: cascas, bagaços, palhadas, entre outros. Estes podem ser reaproveitados na alimentação de animais como fonte barata e com bom valor nutricional (SOUZA; SALES; AZEVEDO, 2009; LOUSADA JÚNIOR *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2014), como fonte de energia térmica (SANTIAGO; ANDRADE, 2005; CHAVES *et al.*, 2009) e elétrica (WATANABI *et al.*, 2012; SALOMON; LORA, 2005; SOUZA; AZEVEDO, 2006) e como cobertura do solo. Contudo, nem todo resíduo é de fácil disposição final ou de reaproveitamento, principalmente escórias resultantes de mineradoras devido à presença de metais tóxicos (OLIVEIRA; JUCÁ, 2004), ao baixo valor nutricional e ao desconhecimento sobre sua disposição.

As mineradoras são grandes produtoras de resíduos, sendo que, todos os anos, milhões de toneladas são geradas e depositadas em pátios a céu aberto, lagos de decantação e aterros (AMARAL FILHO *et al.*, 2013). Nesses locais, os resíduos ficam expostos a intempéries climáticas e correm risco de serem lixiviados e contaminar corpos d'água e o solo. No estado do Pará, apenas na etapa de separação granulométrica e branqueamento do caulim, são geradas mais de um milhão de toneladas de silicato de alumínio (BARATA *et al.*, 2005), com elevado potencial poluidor (SILVA; VIDAL; PEREIRA, 2001). No estado de Minas Gerais, na extração de lítio, para cada tonelada de lítio beneficiado são geradas muitas toneladas de silicato de alumínio. Portanto, a busca por alternativas sustentáveis de descarte ou reuso desse material de maneira mais barata e ecologicamente viável é constante.

Algumas das formas encontradas de reuso de resíduos oriundos de mineração em quantidades significativas é na construção civil (MENEZES *et al.*, 2007c) e na agricultura (MESQUITA, 2002; ALTAFIN *et al.*, 2004; AZEVEDO *et al.*, 2011). Diversos autores concluíram que aplicações de doses crescentes de escórias siderúrgicas favorecem a correção da acidez do solo (NOGUEIRA *et al.*, 2012; PRADO; FERNANDES; NATALE, 2003).

3.3 Reutilização de silicato de alumínio e disposição final no ambiente

Os óxidos de silício e alumínio são os minerais mais abundantes na crosta terrestre. Por consequência, a caulinita, composta por silício e alumínio, é o argilomineral mais abundante na natureza e caracteriza-se como silicato de alumínio hidratado (BRITO *et al.*, 2013). O silicato de alumínio é um argilomineral inorgânico, insolúvel, quimicamente inerte, incombustível, imune ao ataque de microrganismos e imputrescível (COMIG, 1994). O caulim é essencialmente composto por silicato de alumínio e pode conter alguns metais como ferro, titânio e lítio (SANCHEZ *et al.*, 1997). Quanto maior a concentração de silicato de alumínio e menor a presença de contaminantes, melhor a qualidade do caulim (SANTOS *et al.*, 2010). Este é usado na composição de borrachas, cerâmicas, plásticos, tintas, vernizes e papéis, por conferir uniformidade no acabamento (ZBIK; SMART, 1998; PAZ; ANGÉLICA; NEVES, 2010). Contudo, para ser usado na indústria, o caulim deve apresentar determinados padrões granulométricos e de brancura. No processo de beneficiamento para atender estes padrões, são gerados milhões de toneladas de resíduos (BARATA *et al.*, 2005) e estes são basicamente compostos por silicato de alumínio.

Essa quantidade de resíduos não pode ser disposta de qualquer maneira no ambiente. Na maioria dos casos é depositada em lagoas de sedimentação, o que é oneroso, já que demanda grande movimentação de terra e áreas extensas (BARATA; DAL MOLIN, 2002). Nesse sentido, buscam-se maneiras mais eficientes e menos onerosas para a disposição final desse material.

Algumas alternativas de uso desse resíduo já foram testadas. Pode-se usar como componente de hidrogel (BRITO *et al.*, 2013) e como substituto de amianto em motores (CRESPIM *et al.*, 2007). Na construção civil, o silicato de alumínio pode ser usado na fabricação de corpos mulíticos, blocos e telhas cerâmicas e blocos de vedação (MENEZES *et al.*, 2007a; MENEZES *et al.*, 2007b; REZENDE *et al.*, 2008). A agricultura também pode ser uma alternativa interessante de destino para o silicato de alumínio. Na produção de mudas de eucalipto, mesmo em doses elevadas, o silicato de alumínio foi inofensivo às mudas dessa planta (CASTRO *et al.*, 2016). Também pode ser aplicado como adjuvante em dieta de aves e cães, a fim de melhorar a consistência e reduzir a taxa de amônia fecal (FERREIRA *et al.*, 2005; FELIX *et al.*, 2009).

Em razão disso, o silicato de alumínio, devido a suas características, pode ser uma alternativa no manejo de plantas daninhas. Este resíduo, por ser opaco e insolúvel (COMIG, 1994), tem potencial para ser usado como barreira física à emergência de plântulas daninhas. Se esta barreira diminuir a luminosidade e a temperatura, o silicato de alumínio pode reduzir e até mesmo impedir a germinação do banco-de-sementes do solo. Dessa forma, torna-se possível destinar adequadamente este resíduo controlando um dos principais problemas da agricultura. Ressalta-se ainda que o silicato de alumínio é quimicamente inerte (COMIG, 1994), sendo atóxico às plantas (CASTRO *et al.*, 2016). Com isso, pode-se inferir que o impedimento da germinação e emergência das sementes de plantas daninhas que pode ser provocado pelo silicato de alumínio é físico.

4 ARTIGO

4.1 Artigo – Silicato de Alumínio como manejo alternativo de plantas daninhas

Este artigo foi elaborado conforme normas da Revista Planta Daninha

Resumo - Evitar a germinação e emergência é uma das formas mais eficientes de controle de plantas daninhas e o uso de barreiras físicas é uma maneira interessante de manejo do banco-de-sementes do solo. Nesse sentido, objetivou-se com o trabalho avaliar o uso de silicato de alumínio como barreira física à emergência de plantas daninhas. O experimento foi conduzido em vasos, alocados em casa de vegetação em delineamento de blocos casualizados e esquema fatorial 4x2+1 que correspondeu à 4 doses de silicato de alumínio, 2 métodos de aplicação e um tratamento adicional sem aplicação de silicato de alumínio com 4 repetições perfazendo 36 unidades experimentais. Foram contabilizadas as plântulas emergidas aos 7 e 20 dias após a emergência e estas classificadas quanto a espécie e família. Com o número de indivíduos por espécie pôde-se calcular o índice de valor de importância (IVI) e o coeficiente de similaridade. Após 20 dias de cultivo a parte aérea das plantas foram colhidas e mensurou-se a massa fresca e após secagem em estufa a massa da matéria seca. A variedade de espécies, o número total de indivíduos, plântulas emergidas nos primeiros 7 dias, massas fresca e seca sofreram redução com o aumento das doses de silicato de alumínio aplicadas em superfície. O número de indivíduos por espécie, principalmente as espécies fotoblásticas positivas e as que produzem sementes pequenas também diminuiu quando aplicou-se o silicato de alumínio sobre o solo. O Silicato de alumínio incorporado ao solo aumentou e abreviou a germinação. As espécies mais importantes foram *Amaranthus spinosus*, *Eleusine indica*, *Portulaca oleracea*, *Ipomoea triloba* e *Commelina benghalensis*. As espécies emergidas nas parcelas sem aplicação de silicato e com silicato incorporado são muito similares, contudo, quando aplicado em superfície a flora que emerge possui baixa similaridade com os demais ambientes. Conclui-se que a partir da dose de 60 ton ha⁻¹ o silicato de alumínio aplicado em superfície reduz a emergência de plântulas, enquanto a disposição desse resíduo incorporado ao solo estimula à emergência o que gera a possibilidade de destinação desse resíduo em solos agrícolas de forma segura.

Abstract - Avoiding germination and emergence is one of the most efficient forms of weed control, and the use of physical barriers is an interesting way of handling the soil seed bank. In this sense, the aim of this work was to know the use of aluminum silicate as a physical barrier to the emergence of weeds. The experiment was conducted in pots, housed in a greenhouse in a randomized block design and 4x2+1 factorial schemem which corresponded to 4 doses of aluminum silicate, 2 application methods and an additional treatment without application of aluminum silicate with 4 replicates, making up 36 experimental units. Seedlings were counted at 7 and 20 days after emergence and classified according to species and family. With the number of individuals per species it was possible to calculate the importance value index (IVI) and the similarity coefficient. After 20 days of cultivation, the aerial part of the plants were harvested and the fresh mass was measured and the dry matter mass was dried in an oven. The variety of species, the total number of individuals, seedlings emerged in the first 7 days, fresh and dry masses were reduced

with increasing doses of aluminum silicate applied on the surface. The number of individuals per species, mainly positive photoblastic species and those producing small seeds also decreased when the aluminum silicate was applied to the soil. The aluminum silica incorporated into the soil increased and abbreviated the germination. The most important species were *Amaranthus spinosus*, *Eleusine indica*, *Portulacaoleracea*, *Ipomoea triloba* and *Commelinabenghalensis*. The emerged species in the plots without application of silicate and with incorporated silicate are very similar, however, when applied in surface the flora that emerges is little similar with the other environments. It is concluded that from the dose of 60 ton ha⁻¹ the aluminum silicate applied to the seedling emergence surface, while the provision of this residue incorporated in the soil stimulates the emergence which generates the possibility of destination of this residue in agricultural soils.

INTRODUÇÃO

O manejo assertivo de plantas daninhas sempre se mostrou um dos maiores desafios na agricultura. No manejo integrado de plantas daninhas, preconizam-se práticas que sejam eficientes no controle das plantas alvo, sejam inofensivas à cultura de interesse, provoquem menor impacto ambiental possível, além de apresentar boa relação custo-benefício. Atenta-se que o manejo mais eficiente se dá de maneira integrada, em que o preparo do solo, a época de plantio, o espaçamento, cultivar escolhida, as capinas químicas ou mecânicas e a cobertura do solo são realizados de forma a favorecer a cultura em detrimento às plantas daninhas.

Quanto mais jovem o estágio de desenvolvimento das plantas daninhas no momento do controle, menos oneroso é o manejo. Evitar a germinação das sementes de plantas daninhas presentes no banco-de-sementes do solo, quando possível, é muito interessante para o manejo. Fatores como luminosidade e temperatura têm forte influência sobre a germinação e a velocidade com que esse processo acontece. Portanto, barreiras físicas que alterem esses fatores podem ser excelentes alternativas no combate à germinação e emergência de plantas daninhas (MORAES *et al.*, 2009). E a reutilização de resíduos industriais, que possam reduzir a emergência dessas plântulas, é uma alternativa interessante para redução de custos, além de facilitar a disposição final desse tipo de produto.

A destinação de resíduos industriais deve ser realizada de maneira inofensiva ao meio ambiente e em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos. As mineradoras são grandes produtoras de resíduos, e a agricultura é uma alternativa de destino para grande quantidade desses rejeitos.

Um exemplo desse tipo de resíduo é o silicato hidratado de alumínio produzido no beneficiamento do lítio, do caulim e de outros processos de extração mineral. Para cada uma tonelada de lítio extraída, são geradas oito toneladas de silicato de alumínio. E como as jazidas brasileiras de lítio estão entre as maiores do mundo e a extração de caulim gera milhões de toneladas de resíduos por ano (BARATA *et al.*, 2005), o potencial de produção de resíduos silicatados torna-se grande problema ambiental.

Nesse contexto, objetivou-se com este estudo, avaliar o potencial do silicato de alumínio como barreira física à emergência de plantas daninhas e a alteração na dinâmica das espécies presentes no banco-de-sementes do solo, de acordo com a forma de aplicação desse resíduo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em Montes Claros – MG, em casa de vegetação, em delineamento de blocos casualizados e esquema fatorial simples 4x2+1, em que os fatores corresponderam a quatro doses de silicato de alumínio (60; 120; 180 e 240 t ha⁻¹) em duas formas de aplicação, em superfície ou incorporado. Manteve-se também um tratamento adicional sem aplicação de silicato de alumínio como testemunha. Foram utilizados quatro blocos, perfazendo 36 unidades experimentais.

Cultivou-se em vasos plásticos opacos com capacidade volumétrica de 5 dm³ com dimensões de 40x12,5x10 cm comprimento, largura e altura, respectivamente. Preenchidos com substrato composto pela mistura de solo e esterco bovino curtido na proporção 3:1, respectivamente. O local escolhido para aquisição do solo foi uma área destinada à olericultura com histórico de intensa infestação de plantas daninhas, com banco-de-sementes rico e diverso. O substrato foi intensamente revolvido para uniformizar o banco-de-sementes contido em cada parcela, sendo suas características químicas e texturais apresentadas na Tabela 1. Ao longo do estudo, o substrato foi irrigado diariamente buscando manter a umidade próxima da capacidade de campo.

Tabela 1 - Análise química e textural do substrato usado no estudo

Análise Química												
pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	m	M.O.
Água	---mg.dm ³ ---		-----cmolc.dm ³ -----						%	%	dag Kg ⁻¹	
6,6	195,00	963	0,00	8,40	4,00	1,86	14,87	14,87	16,73	89	0	12,63
Análise Textural												
Areia			Silte				Argila					
-----dag Kg ⁻¹ -----												
34,0			34,0				32,0					

pH água - Relação solo-água 1:2,5. P e K - Extrator Mehlich 1. Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹. T - Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. m - Saturação de alumínio. V - Saturação por bases. MO – Matéria orgânica determinada através da multiplicação do resultado do carbono orgânico pelo método Walkey-Black por 1,724.

Após o preenchimento do primeiro vaso, com auxílio de régua graduada em posição vertical sobre o substrato, adicionou-se silicato de alumínio até que uma lâmina de interesse em centímetros fosse atingida. O silicato de alumínio foi retirado de um montante de massa conhecida e, por diferença, a massa respectiva a cada lâmina foi encontrada e aplicada nas demais repetições. As lâminas testadas foram de 1, 2, 3 e 4 cm, que, em massa, correspondem às doses 60; 120; 180 e 240 t ha⁻¹. Já para os tratamentos em que o silicato de alumínio foi incorporado ao solo, o volume de solo de 4 dm³, padrão de todas as parcelas, foi acondicionado em um balde onde se acrescentou a dose pertinente de silicato de alumínio. Incorporou-se manualmente o silicato de alumínio e, após esse processo, os vasos foram preenchidos com o substrato. As doses incorporadas foram equivalentes às aplicadas em superfície. Após três dias de irrigação, as plântulas começaram a emergir e a partir daí foram contadas diariamente

durante os 20 dias de experimento. Após esse período, a parte aérea das plantas foi colhida e pesada, além de contado o número de indivíduos por espécie. As espécies foram identificadas com auxílio de literatura específica (LORENZI, 2006) e a parte aérea foi encaminhada para estufa de circulação de ar forçada até atingir massa constante.

Além da quantidade total de indivíduos e emergência, aferiu-se também o número de famílias botânicas e indivíduos por espécie, e, desse modo, calculou-se frequência (MARTINS, 1978) e frequência relativa, densidade e densidade relativa (CURTIS; MCINTOSH, 1950), abundância (BRAUN-BLANQUET, 1979) e abundância relativa (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974) índice de valor de importância e coeficiente de similaridade (SORENSEN, 1972), através das seguintes equações:

$$\text{Frequência} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de parcelas que contêm a espécie}}{\text{n}^\circ \text{ total de parcelas utilizadas}}$$

$$\text{Densidade} = \frac{\text{n}^\circ \text{ total de indivíduos por espécie}}{\text{área total amostrada}}$$

$$\text{Abundância} = \frac{\text{n}^\circ \text{ total de indivíduos por espécie}}{\text{n}^\circ \text{ total de parcelas com a espécie}}$$

$$\text{Frequência relativa} = \frac{\text{frequência da espécie}}{\text{frequência total das espécies}} \times 100$$

$$\text{Densidade relativa} = \frac{\text{Densidade da espécie}}{\text{Densidade total das espécies}} \times 100$$

$$\text{Abundância relativa} = \frac{\text{Abundância da espécie}}{\text{Abundância total das espécies}} \times 100$$

$$\text{Índice de valor de importância} = \text{Frequência relativa} + \text{Densidade relativa} + \text{Abundância relativa}$$

$$\text{Coeficiente de similaridade} = \frac{2 \times \text{n}^\circ \text{ de espécies comuns aos dois ambientes}}{\text{n}^\circ \text{ total de espécies do ambiente 1} + \text{n}^\circ \text{ total de espécies do ambiente 2}}$$

Os índices foram calculados e analisados de maneira descritiva e apresentados por meio de Gráficos e tabelas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dose de silicato aplicada na superfície solo é antagônica à emergência das plântulas (Tabela 2), propiciando redução média em torno de 80% na emergência aos sete dias e por volta de 70% na emergência total em relação à testemunha. Isso pode ser explicado pela opacidade do silicato de alumínio (COMIG, 1994). Desse modo, quanto mais espessa a camada de silicato, menor será a incidência luminosa no solo, o que explica a redução do número de plântulas aos sete dias, número total

de plântulas e emergência com o aumento da dose aplicada em superfície (Tabela 2). A luz é determinante na germinação de diversas espécies de plantas (DOUSSEAU *et al.*, 2008), principalmente em espécies fotoblásticas positivas, que necessitam de certa quantidade de luz para iniciar a germinação (KLEIN; FELIPPE, 1991). Além disso, o decréscimo de luminosidade pode alterar a temperatura do solo, outra precursora do processo germinativo, o que também reduz e retarda a germinação e, por consequência, a emergência (BRANCALION; NOVEMBRE; RODRIGUES, 2010; DOUSSEAU *et al.*, 2008; VIDAL *et al.*, 2007).

Tabela 2 - Número de plântulas aos sete dias, número total de plântulas, massa fresca, massa seca e emergência de plântulas por dia sob quatro doses de silicato de alumínio com dois métodos de aplicação

	Método de aplicação	Doses de silicato (t ha ⁻¹)				Testemunha ¹
		60	120	180	240	
Nº plântulas aos 7 dias	Superfície	35	17	13	3	83
	Incorporado	90	101	116	117	
Nº total de plantas	Superfície	46	21	22	8	79
	Incorporado	88	92	89	98	
Massa Fresca(g)	Superfície	38	31	42	5	54
	Incorporado	49	60	75	85	
Massa seca (g)	Superfície	5	4	6	1	6
	Incorporado	7	9	11	14	

¹ Controle sem aplicação de silicato de alumínio.

As reservas energéticas contidas nas sementes estão intimamente relacionadas ao tamanho destas, portanto, as dimensões da semente também influenciam na emergência (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Quanto maior a barreira física ou a profundidade em que a semente se encontra, maior será o gasto energético do embrião para emergir. Nesse sentido, não se descarta que o tamanho das sementes também pode ter sido uma das causas da baixa emergência nas maiores doses de silicato de alumínio aplicadas em superfície. E, mesmo que uma plântula oriunda de uma semente diminuta consiga emergir, o maior consumo de reservas para emergir reflete em uma plântula enfraquecida e mais sensível a adversidades (TILLMANN *et al.*, 1994), o que torna esta plântula mais sensível ao manejo de plantas daninhas.

A maior parte das sementes germinaram nos primeiros sete dias, exceto para as duas maiores doses de silicato aplicadas na superfície do solo (Tabela 2). Isso indica atraso na emergência das plantas daninhas com o aumento da dose aplicada em superfície, provavelmente devido à baixa temperatura e luminosidade (VIDAL *et al.*, 2007). Para os demais tratamentos, inclusive a testemunha, nota-se uma fase oportuna de aplicação de algum método de controle, visto que boa parte das plântulas-alvo estão emergidas e susceptíveis ao manejo.

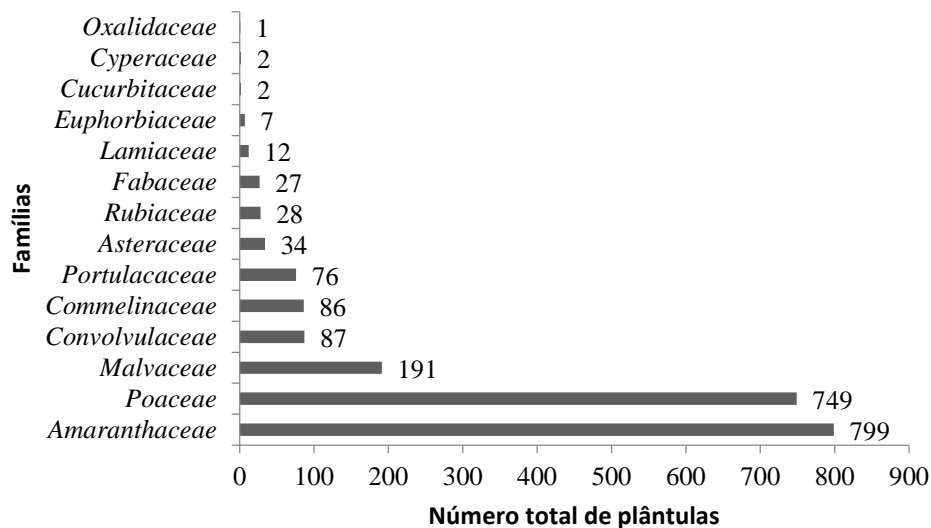
Quando incorporado ao solo, o silicato de alumínio não só permite a emergência como também a aumenta (Tabela 2). Com isso, descarta-se efeito químico negativo do silicato de alumínio sobre a emergência das plântulas. Em todos os tratamentos em que se incorporou o silicato de alumínio, as plântulas começaram a emergir dois dias antes dos demais tratamentos e o número de plântulas

também foi superior. Isso ocorre porque o silicato de alumínio é um argilomineral, e, em solos argilosos, a germinação é mais rápida que em solos arenosos (BOCCHESI *et al.*, 2008). O maior teor de argila no solo aumenta a superfície de contato da semente, o que acelera a absorção de água e, conseqüentemente, facilita e abrevia a germinação (REIS *et al.*, 2002). Esse comportamento revela o silicato de alumínio como condicionador do solo, que acelera e estimula a germinação do banco-de-sementes do solo. De acordo com o manejo, isto pode aumentar a eficiência do controle de plântulas daninhas em áreas com silicato de alumínio incorporado. Pelo fato de maior número de plântulas emergir, ao se realizar algum tipo de manejo, maior seria a quantidade de plantas-alvo susceptíveis ao controle. Isso reduz o número de propágulos presentes no banco-de-sementes do solo e diminui o próximo fluxo de emergência de plântulas daninhas, o que é interessante para cultivos futuros. Por outro lado, o mesmo deve ser testado no plantio de cultivos agrícolas com intuito de melhorar a germinação de espécies de interesse, principalmente espécies em que as mudas são produzidas previamente ao plantio.

Verificou-se que valores de massa fresca e massa seca foram superiores no silicato de alumínio incorporado, seguido pela testemunha, e os menores valores desses parâmetros foram obtidos quando o silicato foi aplicado sobre o solo. O aumento da dose de silicato de alumínio aplicado na superfície do solo afeta estes parâmetros negativamente (Tabela 2).

De maneira geral, foram identificadas 14 famílias botânicas, dentre elas *Amaranthaceae* e *Poaceae*, as quais foram as mais expressivas quanto ao número de indivíduos observados (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Número total de plântulas por família botânica em três ambientes de cultivo



A família *Poaceae* foi a que apresentou maior quantidade de espécies e a segunda maior em número de indivíduos. Contudo, a maior variedade de espécies não significa maior número de indivíduos, já que mais de 90% das plântulas pertenciam à espécie *E. indica*. A segunda família com mais espécies foi *Fabaceae* com cinco, seguidas por *Amaranthaceae* e *Asteraceae*, ambas com 4 espécies (Tabela 3).

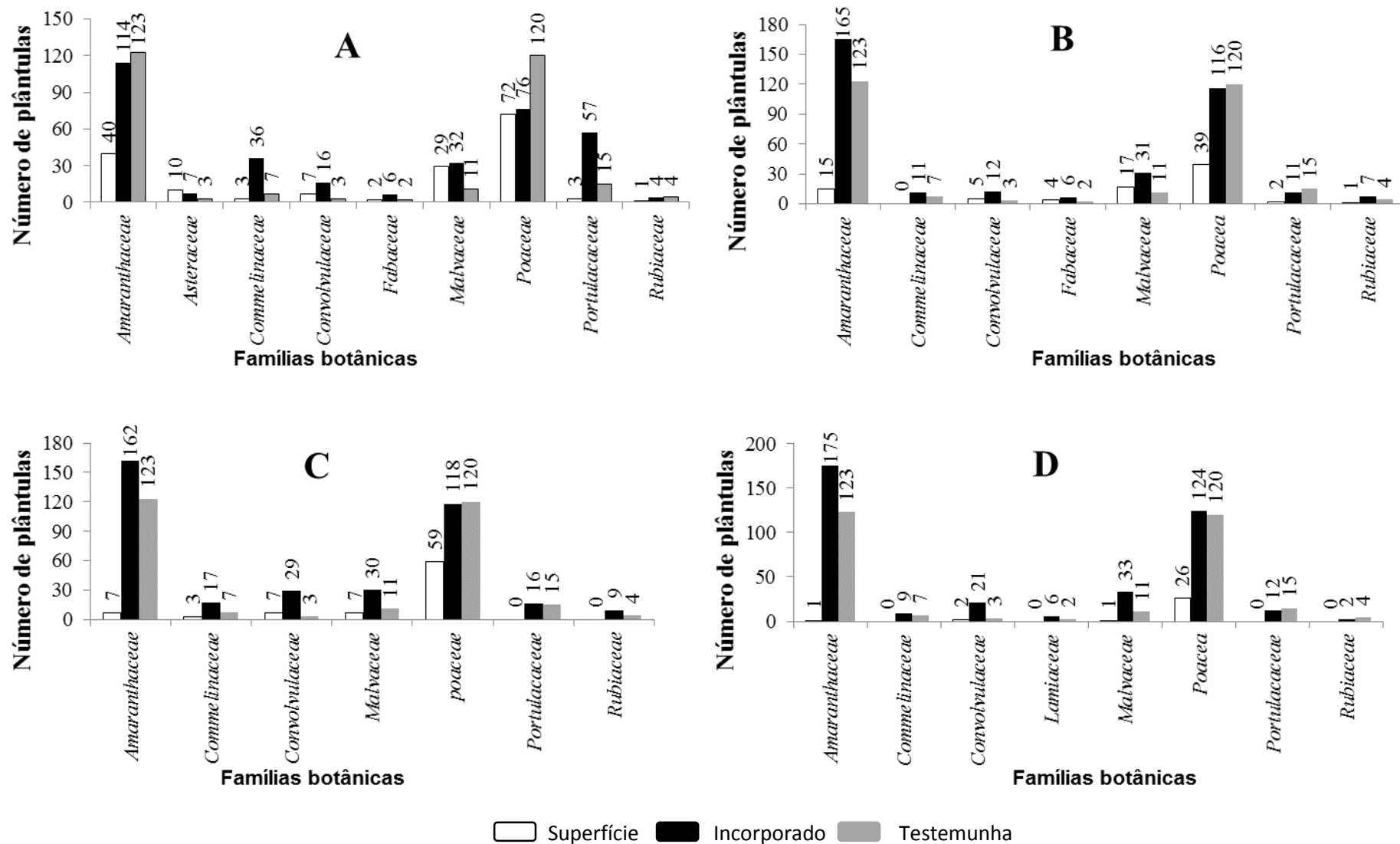
Tabela 3 - Família botânica, espécies, nome comum e número de indivíduos de plantas daninhas emergidas durante o cultivo.

Família botânica	Espécie	Nome comum	Nº de indivíduos
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i>	apaga-fogo	29
	<i>Amaranthus deflexus</i>	caruru-rasteiro	65
	<i>Amaranthus retroflexus</i>	caruru-gigante	154
	<i>Amaranthus spinosus</i>	caruru-de-espinho	551
Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i>	carrapicho-de-carneiro	1
	<i>Eclipta alba</i>	erva-de-botão	22
	<i>Emilia fosbergii</i>	falsa-serralha	6
	<i>Sonchus oleraceus</i>	Serralha	5
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	trapoeraba	86
Convolvulaceae	<i>Ipomoea triloba</i>	corda-de-viola	81
	<i>Merremia cissoides</i>	corda-de-viola	6
Cucurbitaceae	<i>Luffa aegyptiaca</i>	Bucha	2
Cyperaceae	<i>Cyperus rothundus</i>	Tiririca	2
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce hyssopifolia</i>	erva-andorinha	5
	<i>Euphorbia heterophylla</i>	amendoim-bravo	2
Fabaceae	<i>Acacia plumosa</i>	unha-de-gato	4
	<i>Aeschynomene denticulata</i>	angiquinho	3
	<i>Crotalaria incana</i>	crotalária	1
	<i>Neonotonia wightii</i>	Sojinha	7
	<i>Senna obtusifolia</i>	Fedegoso	12
Lamiaceae	<i>Stachys arvensis</i>	rabo-de-raposa	12
Malvaceae	<i>Sida cordifolia</i>	Guanxuma	126
	<i>Sida rhombifolia</i>	Guanxuma	9
	<i>Sida santaremensis</i>	Guanxuma	56
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i>	Azedinha	1
Poaceae	<i>Urochloa brizantha</i>	capim-braquiaraço	1
	<i>Urochloa decumbens</i>	capim-braquiária	1
	<i>Urochloa plantaginea</i>	capim-marmelada	6
	<i>Urochloa ruziziensis</i>	capim-congo	8
	<i>Digitaria horizontalis</i>	capim-colchão	30
	<i>Eleusine indica</i>	pé-de-galinha	697
	<i>Sorghum arundinaceum</i>	falso-massambará	6
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	Beldroega	76
Rubiaceae	<i>Richardia brasiliensis</i>	poaia-branca	28
Outras*			18

* Plantas de menor importância não identificadas.

As famílias botânicas *Amaranthaceae* e *Poaceae* emergiram em grande quantidade na testemunha e nas parcelas com silicato incorporado. Contudo, o aumento da dose de silicato de alumínio aplicada em superfície reduziu o número de plântulas da família *Amaranthaceae* para quase nenhum indivíduo, enquanto que, para *Poaceae*, o decréscimo não foi tão intenso. Algumas espécies da família *Poaceae* são conhecidas pela capacidade de germinar em maiores profundidades por possuírem sementes maiores (REZENDE *et al.*, 2012). Contudo, não só a profundidade influencia a germinação e a emergência, a alteração da temperatura e a incidência luminosa também afetam esses processos (VIDAL *et al.*, 2007), o que pode explicar o decréscimo na emergência até mesmo de espécies com sementes maiores, como as pertencentes às famílias *Convolvulaceae* e *Poaceae* (Gráfico 2).

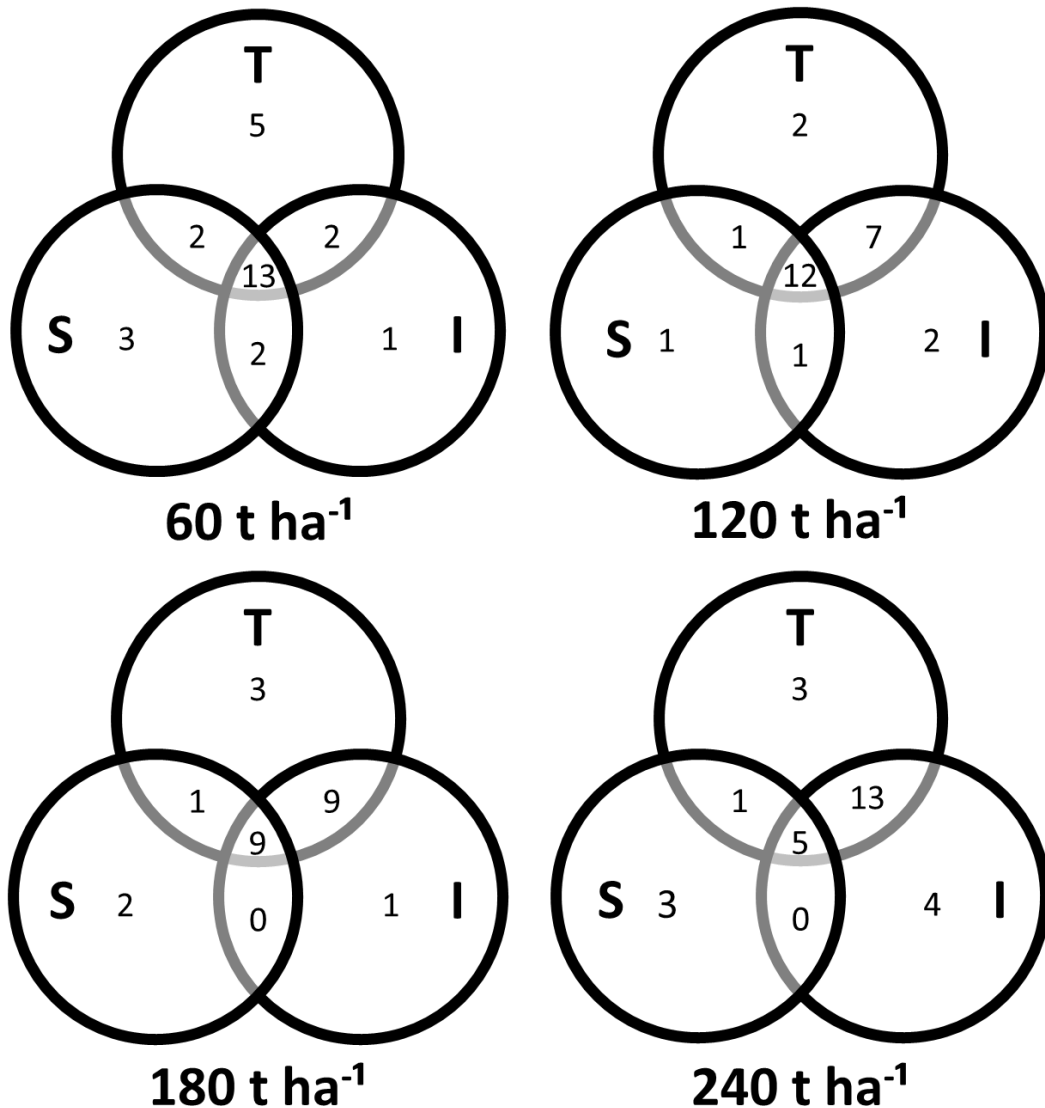
Gráfico 2 - Número de plântulas por família botânica emergidas após aplicação de quatro doses de silicato de alumínio 60 (A), 120 (B), 180 (C) e 240 (D) t ha⁻¹ em superfície, incorporado e testemunha (ausente de aplicação de silicato de alumínio) após 20 dias de cultivo



O silicato de alumínio aplicado em superfície se mostrou eficiente na supressão da emergência de algumas espécies. A partir da dose de 180 t ha⁻¹, plântulas das famílias *Rubiaceae* e *Lamiaceae* não emergem. Já na dose de 240 t ha⁻¹, *Portulacaceae* e *Commelinaceae* também não emergiram, provavelmente devido ao tamanho reduzido das sementes (Gráfico 2D).

A variedade de espécies que emergiram com silicato de alumínio aplicado em superfície reduziu com o aumento da dose desse resíduo; com isso, o número de espécies compartilhadas entre os três ambientes mostrou-se menor nas maiores doses (FIGURA 1). Isso reafirma que, quanto maior a barreira física, maior a dificuldade das plântulas para emergir, e que essa capacidade de superar impedimentos físicos varia entre espécies. As dimensões da semente estão intimamente relacionadas à capacidade de superar esse tipo de barreira. Espécies que produzem sementes maiores, como é o caso das *Ipomoea* spp (LABONIA *et al.*, 2009) e *Urochloa* spp (REZENDE *et al.*, 2012), conseguem germinar em profundidades superiores a dez centímetros. Ao se considerar os ambientes sem adição de silicato de alumínio e com incorporação desse resíduo, o número de espécies compartilhadas manteve-se em torno de 18, mesmo com o aumento da dose de silicato incorporada (Figura 1). Isso indica que, mesmo em doses maiores, o silicato incorporado não influencia a variabilidade das espécies.

Figura 1 - Diagrama de Venn ilustrando os números de espécies exclusivas e compartilhadas entre dois métodos de aplicação de silicato de alumínio e testemunha para as diferentes doses



T – Testemunha

S – Superfície

I - Incorporado

O coeficiente de similaridade expressa de forma numérica o quão semelhante são dois ambientes em relação à quantidade de espécies presentes e compartilhadas nessas áreas. Como a origem do solo estudado foi apenas uma e o banco-de-sementes foi uniformizado para todas as unidades experimentais, o coeficiente de similaridade esperado era próximo de 100%. Entretanto, isso não ocorreu porque a dose de silicato de alumínio e o método de aplicação do silicato de alumínio alteraram a dinâmica da emergência das espécies e, conseqüentemente, a similaridade entre os tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4 - Coeficiente de similaridade entre quatro doses de silicato de alumínio em duas formas de aplicação e testemunha

	Dose (t ha ⁻¹)	Sobre o solo			Incorporado ao solo				Testemunha ¹
		120	180	240	60	120	180	240	0
Sobre o solo	60	62,86	50,00	34,48	74,95	74,19	66,67	66,67	71,43
	120	-	51,85	33,33	60,61	70,27	70,59	64,86	70,27
	180	-	-	47,62	53,33	52,94	58,06	58,82	58,82
	240	-	-	-	37,04	32,26	35,71	32,26	38,71
Incorporado ao solo	60	-	-	-	-	80,00	75,68	75,00	75,00
	120	-	-	-	-	-	87,80	77,27	86,36
	180	-	-	-	-	-	-	78,05	87,80
	240	-	-	-	-	-	-	-	81,82

¹ - Tratamento sem aplicação de silicato de alumínio.

As populações que emergiram na testemunha e nos tratamentos com silicato incorporado foram as mais semelhantes. O aumento da dose aplicada do resíduo em superfície tende a reduzir a similaridade entre esses tratamentos e os demais, devido à menor quantidade de espécies capazes de emergir nas maiores doses de silicato de alumínio aplicado sobre o solo. De modo geral, os maiores valores de similaridade estão entre os tratamentos incorporados e entre incorporados e a testemunha, com coeficientes iguais ou superiores a 75%. O que indica que a maior parte das espécies que emergem nesses ambientes são compartilhadas entre eles. Já para o silicato de alumínio aplicado sobre o solo, a maior similaridade foi entre as menores doses 60 e 120 t ha⁻¹ que correspondiam às barreiras de 1 e 2 cm, respectivamente (Tabela 4).

O Índice de Valor de Importância (IVI) das espécies emergidas alterou-se de acordo com a dose e a forma de aplicação do silicato de alumínio. Com a aplicação de 60 t ha⁻¹ de silicato sobre o solo, emergiram 21 espécies, das quais sobressaíram *Eleusine indica*, *Amaranthus spinosus* e *Sida cordifolia* (Gráfico 3). Na dose de 120 t ha⁻¹ de silicato aplicada em superfície, o número de espécies emergidas reduziu para 15 e as espécies *E. indica*, *S. cordifolia* e *A. spinosus* continuaram como as mais importantes (Gráfico 4). Isso indica que as seis espécies que não conseguiram emergir são mais sensíveis a barreiras físicas. Como essas doses correspondiam às barreiras de 1 e 2 cm, respectivamente, mesmo espécies com sementes pequenas, como *A. spinosus* e *S. cordifolia*, são capazes de emergir nessas condições. Nesse caso, a tomada de decisão sobre qual método de controle realizar em ambas situações supracitadas, seria embasada na biologia das três espécies mais importantes: *E. indica*, *S. cordifolia* e *A. spinosus*.

Gráfico 3 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas sob dose de 60 t ha⁻¹ de silicato de alumínio aplicada sobre o solo correspondendo à barreira física de 1 cm

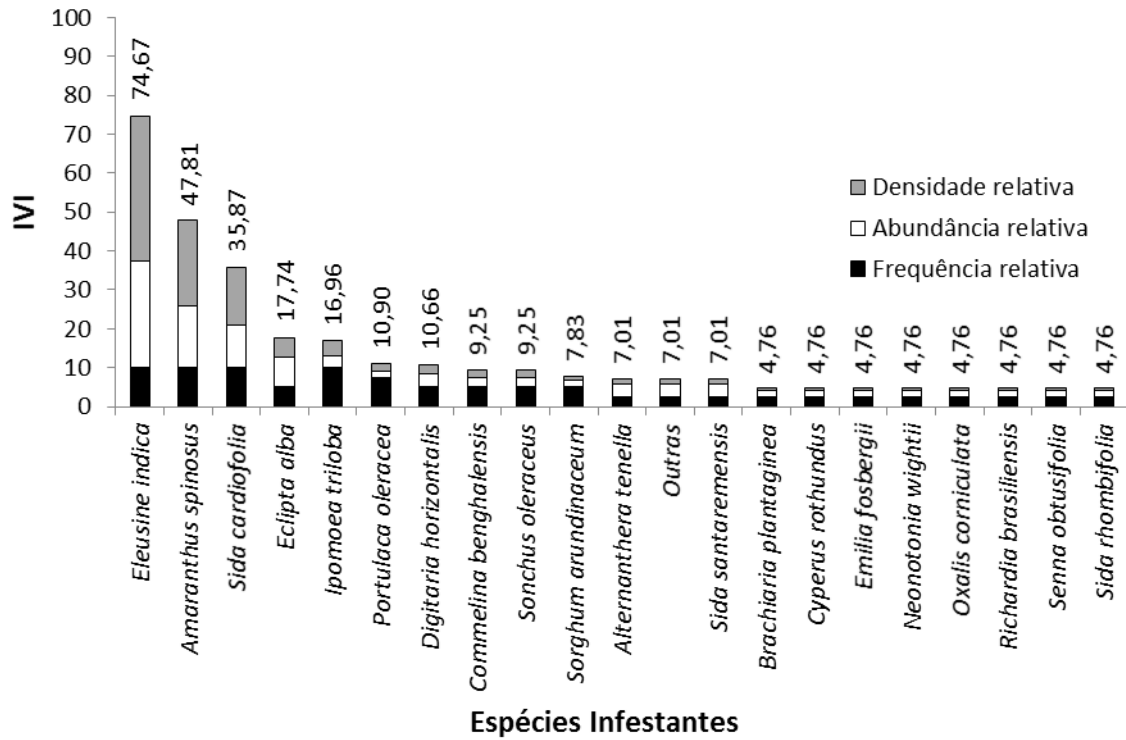
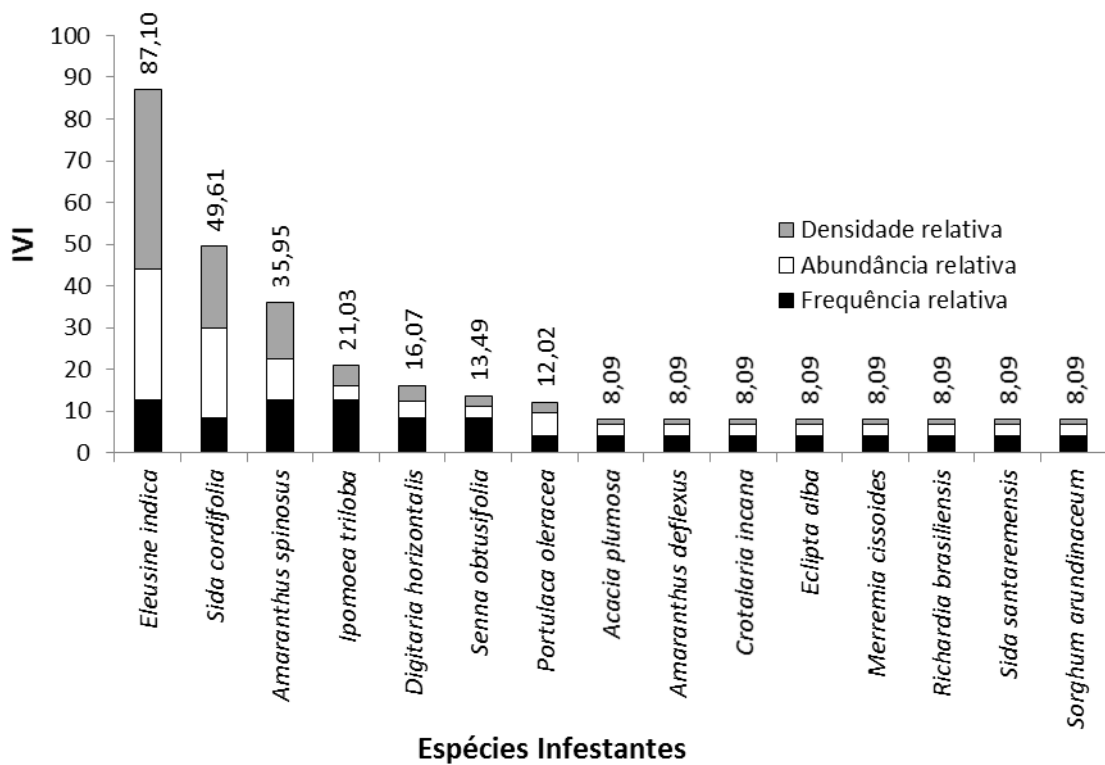


Gráfico 4 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas sob dose de 120 t ha⁻¹ de silicato de alumínio aplicada sobre o solo correspondendo à barreira física de 2 cm



Nas doses de 180 e 240 t ha⁻¹ de silicato de alumínio aplicado em superfície, verificou-se a emergência de 12 e nove espécies, respectivamente. Em ambas as situações, *E. indica* apresentou IVI muito superior à segunda espécie mais importante, *Ipomoea triloba* (Gráfico 5 e 6). O aumento das doses de silicato de alumínio aplicadas em superfície reduz o número de espécies capazes de emergir nessas condições, especialmente *S. cordifolia* e *A. spinosus*, que estavam entre as espécies com maiores IVIs nas doses de 60 e 120 t ha⁻¹ e reduziram na dose de 180 t ha⁻¹. *A. spinosus* sequer emergiu na dose de 240 t ha⁻¹ de silicato aplicado em superfície, o que infere que, a partir de barreiras físicas de 4 cm de silicato de alumínio, essa espécie não é capaz de emergir. Ao diminuir a quantidade de espécies com IVI elevado, facilita-se o controle.

Gráfico 5 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas sob dose de 180 t ha⁻¹ de silicato de alumínio aplicada sobre o solo correspondendo à barreira física de 3 cm

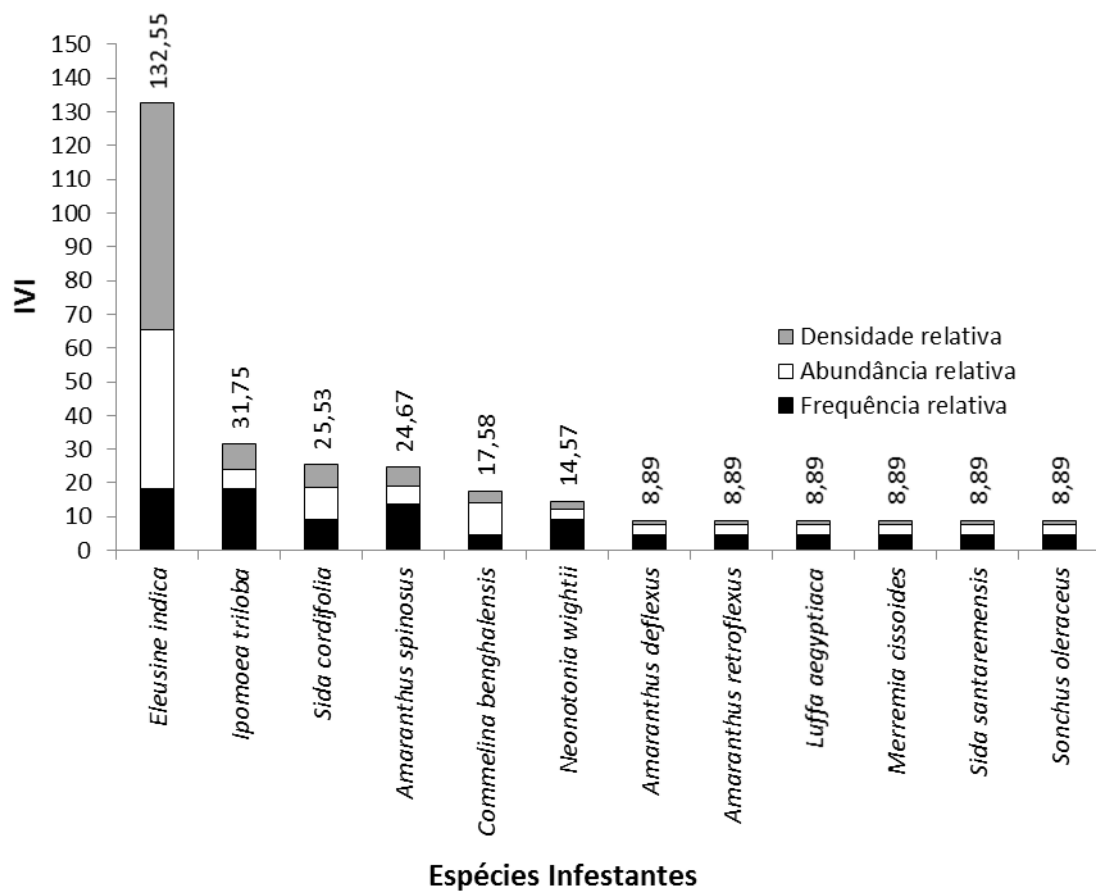
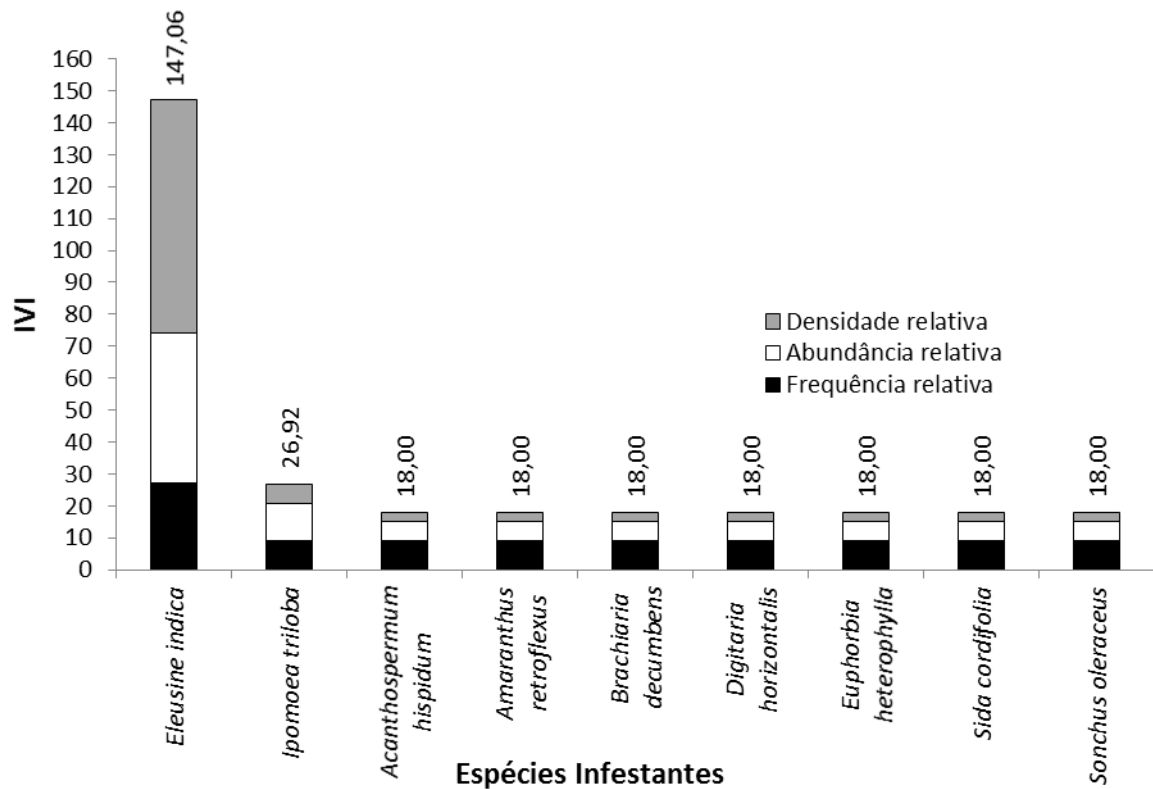
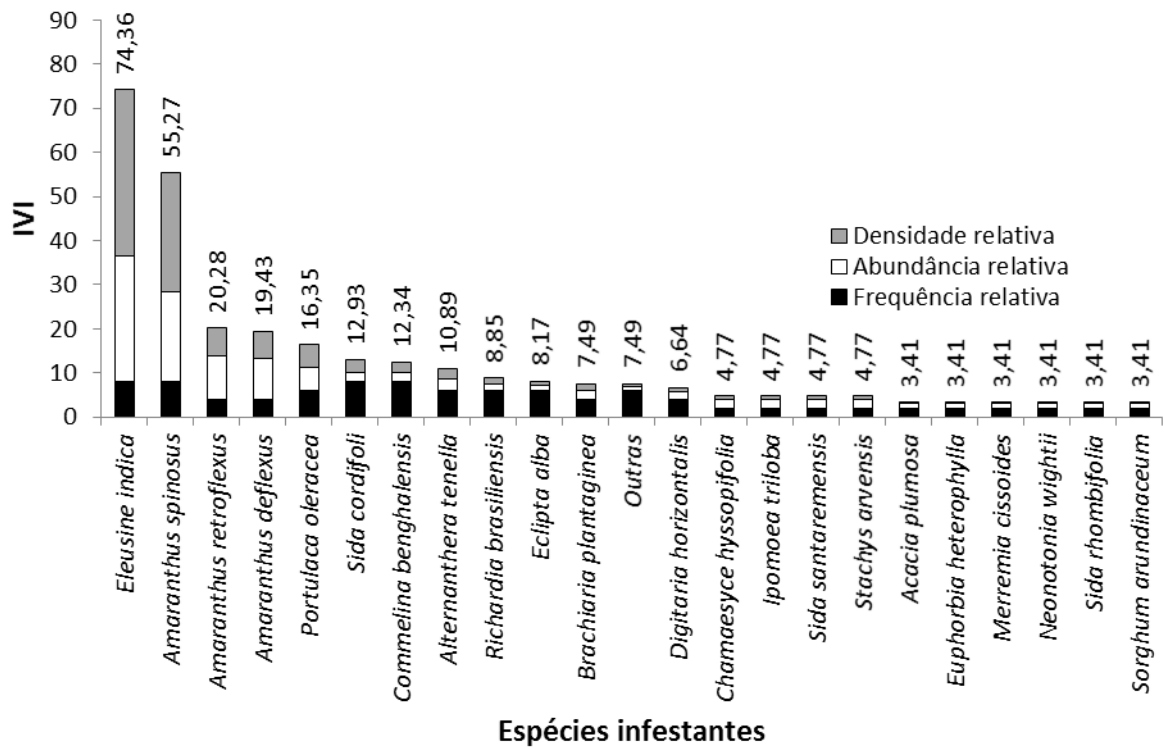


Gráfico 6 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas sob dose de 240 t ha⁻¹ de silicato de alumínio aplicada sobre o solo correspondendo à barreira física de 4 cm



Na testemunha, onde não houve aplicação de silicato de alumínio, as espécies com maior IVI foram *A. spinosus* e *E. indica* (Gráfico 7). Isso se deve à alta produção de sementes dessas espécies. *Amaranthus* spp pode produzir 120.000 sementes/planta (DEUBER, 1992), o que enriquece significativamente o banco-de-sementes do solo. A alta produção de propágulos aliada à dispersão, dormência e longevidade das sementes dificulta o controle das espécies que possuem essas características, como é o caso do *Amaranthus* spp (CHRISTOFFOLETI; OVEJERO, 2008; OLIVEIRA JR; CONSTANTIN; INOUE, 2011). Com isso, a utilização de métodos alternativos que reduzem a emergência de plântulas dessas espécies é de extrema importância para facilitar o manejo de plantas daninhas, reduzir os custos de controle e minimizar danos e perdas em culturas de interesse.

Gráfico 7 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas em solo sem aplicação de silicato de alumínio



O silicato de alumínio incorporado ao solo e a testemunha provocam comportamento semelhante na emergência das espécies. Em ambos, *A. spinosus* e *E. indica* continuaram como as espécies mais importantes (GráficoS 8, 9, 10 e 11), e o número de espécies emergidas foi aproximadamente 20. Isso reafirma que o silicato de alumínio não teve efeito químico negativo perceptível na emergência do banco-de-sementes do solo, já que apresenta os mesmos índices de espécies que a testemunha.

Gráfico 8 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas em solo incorporado com 60 t ha⁻¹ de silicato de alumínio

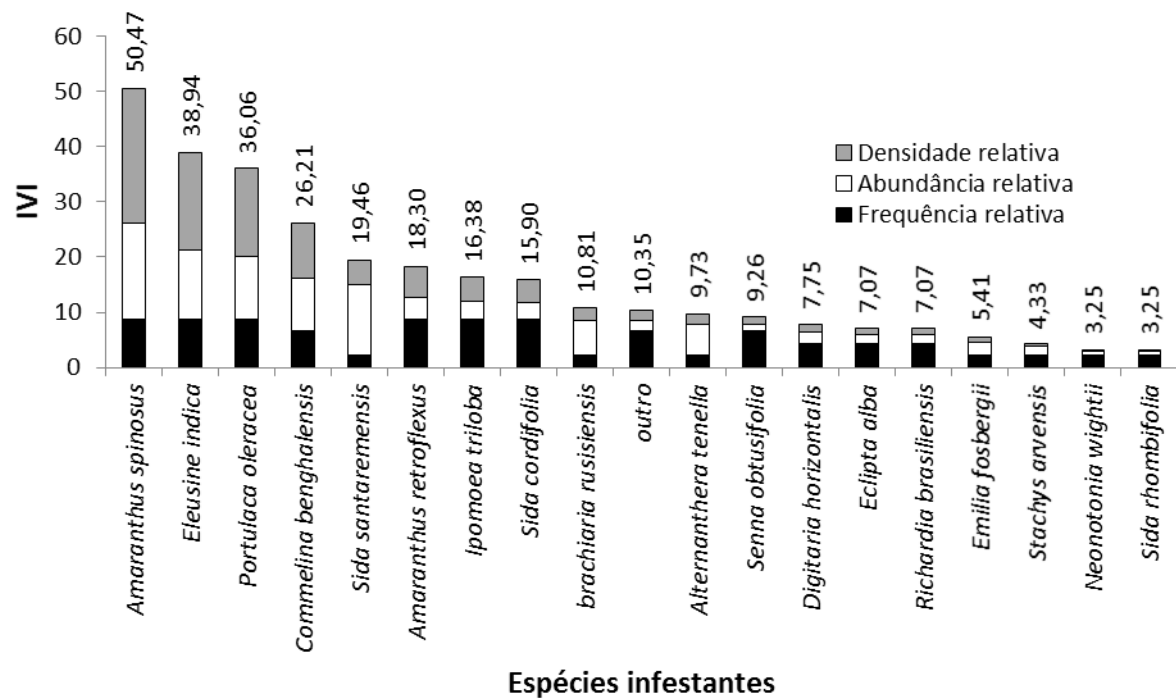


Gráfico 9 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas em solo incorporado com 120 t ha⁻¹ de silicato de alumínio

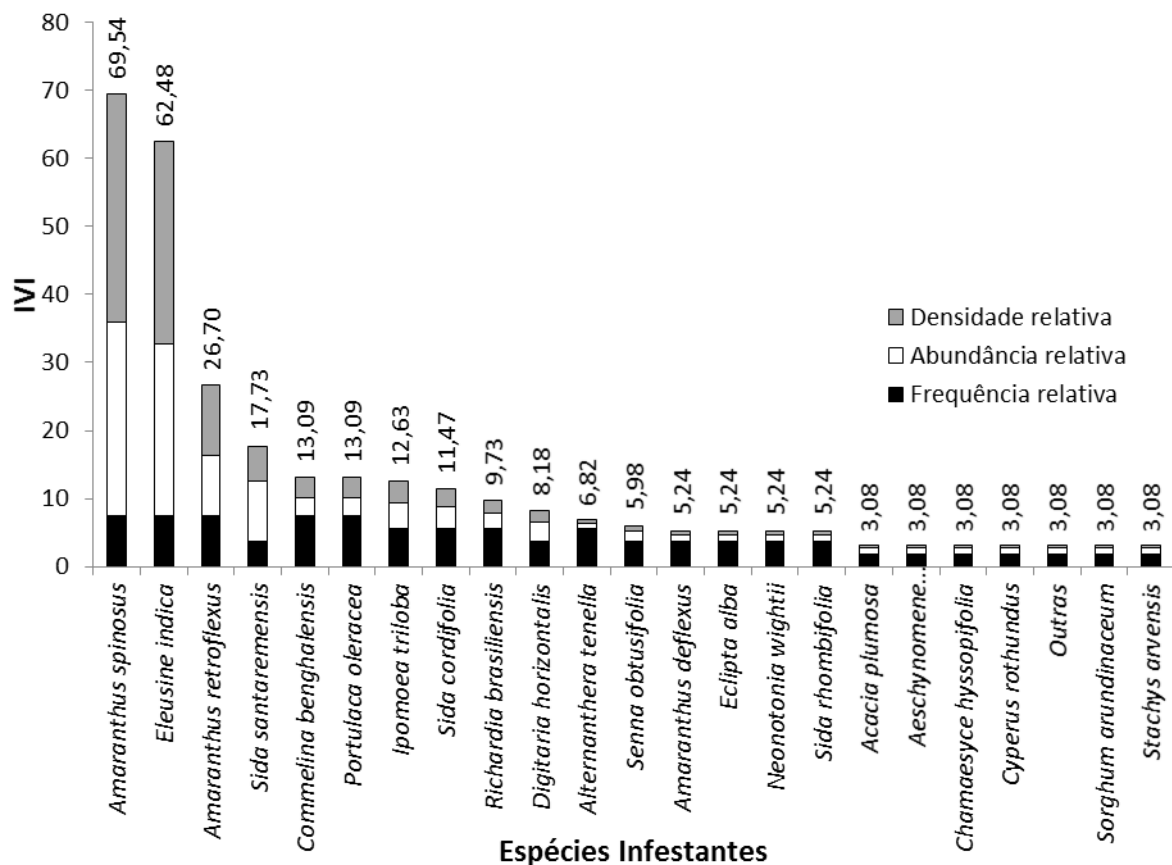


Gráfico 10 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas em solo incorporado com 180 t ha⁻¹ de silicato de alumínio

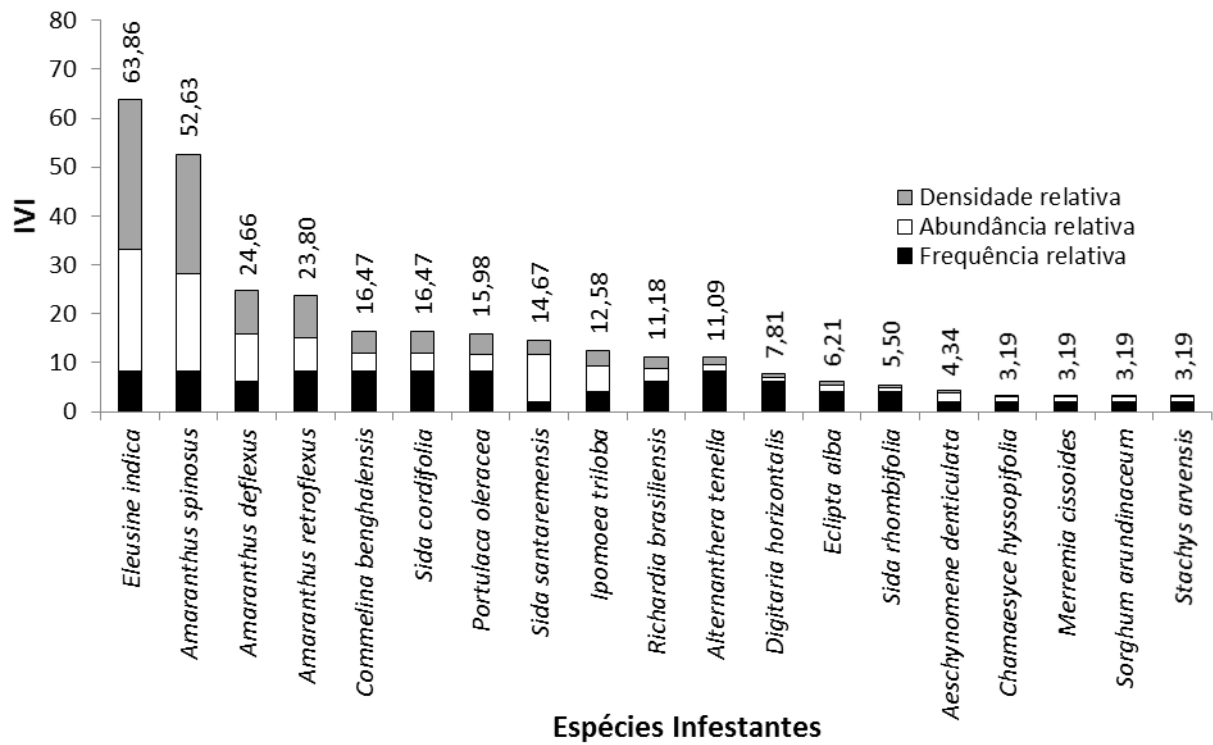
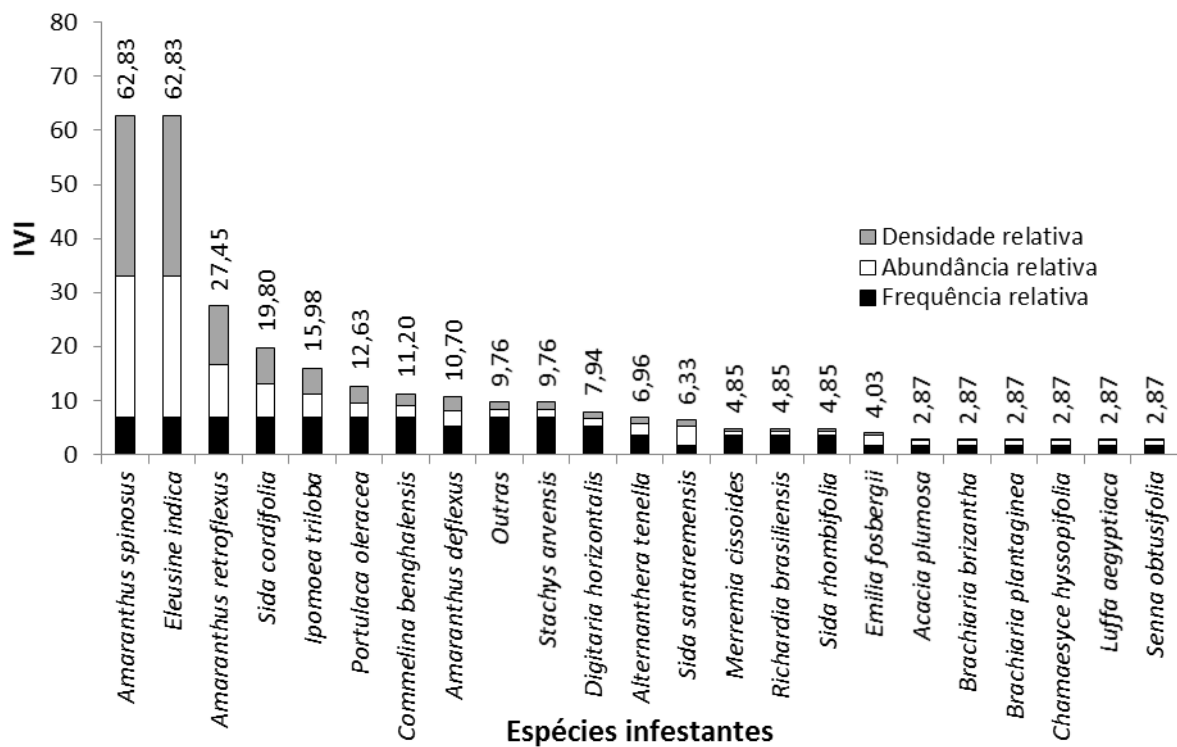


Gráfico 11 - Índice de valor de importância (IVI) de espécies emergidas em solo incorporado com 240 t ha⁻¹ de silicato de alumínio



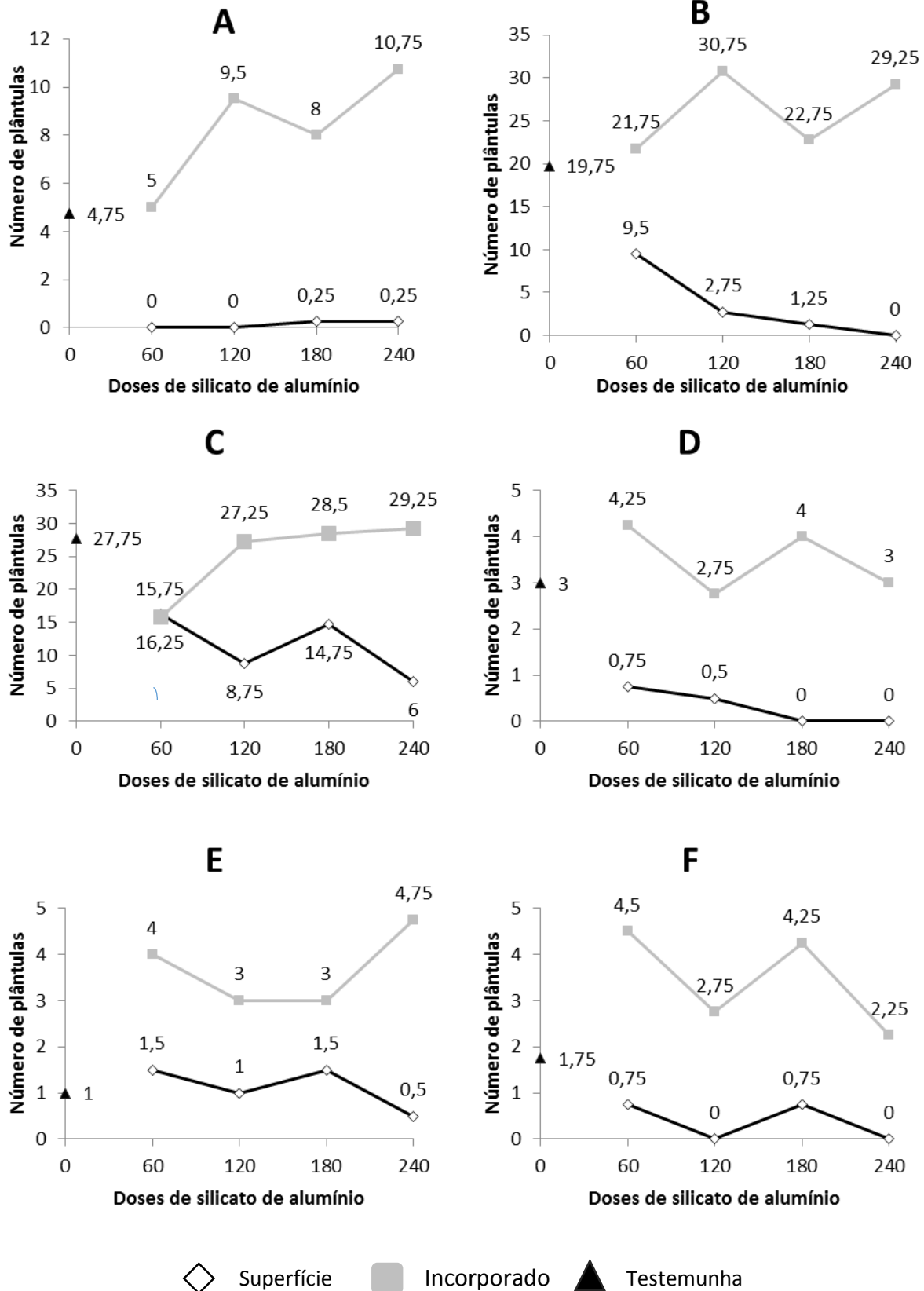
Como o IVI é relativo, altos índices não significam necessariamente grandes populações. Com isso, apresentou-se a dinâmica de emergência de seis espécies dentre as mais importantes, com

maiores IVIs e número de indivíduos; *Eleusine indica*, *Amaranthus spinosus*, *Amaranthus retroflexus*, *Sida cordifolia*, *Portulaca oleracea*, *Commelina benghalensis* e *Ipomoea triloba* (Gráfico 12).

E. indica foi a espécie com maior número de indivíduos neste estudo (Tabela 3) e, nos tratamentos com silicato aplicado em superfície, foi a espécie com maior IVI. Esses altos IVIs, principalmente nas maiores doses, podem ser interpretados equivocadamente como uma grande população. Contudo, nesses tratamentos, emergiram poucas plântulas de *E. indica* e, como as demais espécies apareceram em menor número de indivíduos, o IVI de *E. indica* foi mais elevado (GráficoS 3 e 4).

A. retroflexus, apesar de apresentar menor número de indivíduos e IVI que *A. spinosus*, comportou-se de maneira semelhante a esta espécie, com leve aumento da emergência nos tratamentos com silicato incorporado em relação à testemunha (GráficoS 12A e 12B). A presença de silicato de alumínio aumenta o teor de argila do solo, o que facilita e estimula a germinação (REIS *et al.*, 2002). Como as sementes de *A. spinosus* e *A. retroflexus* são pequenas e possuem baixa quantidade de reservas energéticas, barreiras físicas dificultam sua germinação. Em contrapartida, essas espécies emergiram mais que a testemunha nos tratamentos em que o silicato foi incorporado. Isso pode ser explicado pelo fato de sementes pequenas absorverem mais água e a presença do silicato aumentar o teor de argila do substrato, o que facilita ainda mais a absorção de água. O aumento da dose de silicato de alumínio aplicado em superfície reduziu a emergência de *A. spinosus* a zero plântulas na maior dose desse resíduo (Gráfico 12A; Gráfico 12B), que correspondia à barreira de 4 cm. Esse decréscimo relaciona-se à baixa luminosidade e variação térmica que as barreiras físicas proporcionam (CARVALHO; CHRISTOFFOLETI, 2007). E *A. retroflexus* é tão sensível ao impedimento físico que praticamente não germinou nos tratamentos com silicato de alumínio disposto na superfície do solo, independentemente da quantidade de resíduo usada (Gráfico 12A; Gráfico 12B).

Gráfico 12 - Número de plântulas emergidas por espécie após aplicação de quatro doses de silicato de alumínio em superfície e incorporado e testemunha, para as espécies *Amaranthus retroflexus* (A), *Amaranthus spinosus* (B), *Eleusine indica* (C), *Portulaca oleracea* (D), *Ipomoea triloba* (E) e *Commelina benghalensis* (F)



O número de plântulas de *E. indica* na testemunha e com o silicato de alumínio incorporado se equiparou (Gráfico 12C). Ao aplicar-se o silicato de alumínio em superfície, a emergência de plântulas de *E. indica* sofreu forte decréscimo em relação à testemunha e ao silicato incorporado. E esse decréscimo tende a aumentar com o incremento na dose aplicada (Gráfico 12C).

Plantas de *P. oleraceae* tiveram sua emergência reduzida mesmo nas menores doses de silicato aplicado em superfície e não emergiu nas doses de 180 e 240 t ha⁻¹ (Gráfico 12D). Isso se deve ao fotoblastismo positivo absoluto da *P. oleraceae*, que não germina na ausência ou em baixa quantidade de luz (KLEIN; FELIPPE, 1991). Além disso, essa espécie apresenta sementes pequenas (COELHO; GIULIETTI, 2010), o que dificultou ainda mais a emergência das plântulas nos tratamentos em que o silicato foi aplicado em superfície, principalmente nas maiores doses. Já entre a testemunha e o silicato de alumínio incorporado, o número de plântulas foi similar e não se alterou com o aumento da dose incorporada (Gráfico 12D).

As plântulas de *I. triloba* e *C. benghalensis* emergiram em maior quantidade no silicato de alumínio incorporado ao solo e não sofreram grande alteração com o aumento da dose (Gráfico 12E; Gráfico 12F). No processo de incorporação do resíduo, as sementes podem ter sofrido escarificação mecânica por abrasão das sementes com o solo, que é uma eficiente maneira de superação da dormência de *C. benghalensis* (RODRIGUES; PITELLI, 1994) e *I. triloba* (POPINIGS, 1985; OGUNWENMO; UGBOROGHO, 2000; AZANIA *et al.*, 2009). Em razão disso, justifica-se a maior emergência dessas espécies com silicato incorporado. Sementes de *I. triloba* escarificadas aumentam em 60% sua germinação em relação a sementes não escarificadas devido à superação da impermeabilidade da semente (PINHEIRO, 2010). *I. triloba* é capaz de germinar em profundidades superiores a 10 cm (LABONIA *et al.*, 2009). Esse fato explica a paridade entre o número de plântulas emergidas na testemunha e no silicato aplicado em superfície, nas quatro doses (Gráfico 12E).

Peculiarmente, *C. benghalensis* é capaz de produzir sementes aéreas e subterrâneas, que podem germinar em maiores profundidades (OLIVEIRA JR; CONSTANTIN; INOUE, 2011). A germinação das sementes aéreas de *C. benghalensis* não sofre efeito da luminosidade, contudo, essas sementes são termossensíveis e têm baixa taxa germinativa em temperaturas abaixo de 20°C (DIAS *et al.*, 2009). As barreiras de silicato de alumínio, ao bloquearem a incidência luminosa, podem também ter agido como isolante térmico, não permitindo que a temperatura do solo aumentasse como na testemunha. Isso pode explicar a baixa emergência de *C. benghalensis* quando o silicato de alumínio foi aplicado em superfície (Gráfico 12F).

O silicato de alumínio mostrou-se eficiente no manejo de plantas daninhas, quando aplicado em superfície a partir da dose de 60 t ha⁻¹, reduziu consideravelmente a emergência do banco-de-sementes do solo. Quando incorporado a aumenta e abrevia a emergência. O comportamento da emergência das famílias botânicas e espécies respondem de maneira distinta ao método de aplicação e à dose de silicato de alumínio aplicada. As espécies mais prejudicadas pela barreira de silicato de alumínio são as com sementes pequenas e/ou fotoblásticas positivas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. C. C.; SILVA, T. O.; NEPOMUCENO, D. D.; ROCHA, N. S.; ARÁÚJO, R. P.; PEREIRA, T. P.; MORENZ, M. J. F.; ABREU, J. B. R. Dispersão e persistência de leguminosas forrageiras tropicais após ingestão por bovinos. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, p. 867-874, 2015.
- ALMEIDA, M. A.; PAPANDREA, P. J.; CARNEVALI, M.; ANDRADE, A. X.; CORREA, F. P. V.; ANDRADE, M. R. M. Destinação do lixo eletrônico: impactos ambientais causados pelos resíduos tecnológicos. **Revista Científica e-Locução**, v. 1, n. 7, 2015.
- ALTAFIN, V. L.; POLONIO, W.; MEDEIROS, G. A.; BRANDÃO, M. F.; ZUIN, F. D.; BUSCARATO, E. A.; MENEZES, M. O. Utilização de lodo de fosfatização na produção de mudas de espécie nativas. **Engenharia Ambiental**, v. 1, n. 1, p. 45-50, 2004.
- AMARAL FILHO, J. R. D.; SCHNEIDER, I. A. H.; BRUM, I. A.; SAMPAIO, C. H.; MILTZAREK, G.; SCHNEIDER, C. Caracterização de um depósito de rejeitos para o gerenciamento integrado dos resíduos de mineração na região carbonífera de Santa Catarina, Brasil. **Revista Escola de Minas**, v. 66, n. 3, p. 347-353, 2013.
- ANDRADE, D. J.; CORREIA, N. M.; BARBOSA, C. L.; OLIVEIRA, C. A. L. Aspectos biológicos do ácaro *Brevipalpus phoenicis* vetor da leprose dos citros em plantas de buva (*Conyza canadensis*). **Planta Daninha**, p. 97-103, 2012.
- AZANIA, C. A. M.; MARQUES, R. P.; AZANIA, A. A. P. M.; ROLIM, J. C. Superação da dormência de sementes de corda-de-violão (*Ipomoea quamoclit* e *I. hederifolia*). **Planta daninha**, v. 27, n. 01, p. 23-27, 2009.
- AZEVEDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; DETMANN, E.; VALADARES, R. F. D.; PEREIRA, L. G. R.; SOUZA, N. K. P.; SILVA, L. F. C. Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com subprodutos de frutas para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 5, p. 1052-1060, 2011.
- BARATA, M. S.; ANGÉLICA, R. S.; POLLMANN, H.; COSTA, M. L. The use of wastes derived from kaolinite processing industries as a pozzolanic material for high-performance mortar and concretes **European Journal of Mineralogy**, v. 17, n. 1, p. 10, 2005.
- BARATA, M. S.; MOLIN, D. C. C. D. Avaliação preliminar do resíduo caulínico das indústrias de beneficiamento de caulim como matéria-prima na produção de uma metacaulinita altamente reativa. **Ambiente construído**, v. 2, n. 1, p. 69-78, 2002.
- BARBOSA, M. G. R.; BAVIA, M. E.; CRUIFF, E. P. S.; BARBOSA, F. R. Aspectos epidemiológicos dos acidentes escorpiônicos em Salvador, Bahia, Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, v. 4, n. 2, p. 155-162, 2003.
- BARROS, R.E.; FARIA, R.M.; TUFFI SANTOS, L. D.; AZEVEDO, A. M.; GOVERNICI, J. L. Physiological Response of Maize and Weeds in Coexistence. **Planta Daninha**, v.35. 2017.
- BOCCHESI, R. A.; OLIVEIRA, A. K. N.; MELOTTO, A. M.; FERNANDES, V.; LAURA, V. A. Efeito de diferentes tipos de solos na germinação de sementes de *Tabebuia heptaphylla*, em casa telada. **Cerne**, v. 14, n.1, p. 62-67, 2008.
- BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010.
- BRAUN-BLANQUET, J. **Fitossociologia**: bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid: H. Blume, 1979. 820 p.
- BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C.; OLIVEIRA JR, R. S.; SCAPIM, C. A.; VOLL, E.; GAZZIERO, D. L. P. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do girassol. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 251-257, 2004.

- BRITO, C. W. Q.; RODRIGUES, F. H. A.; FERNANDES, M. V. S.; SILVA, L. R. D.; RICARDO, N. M. P. S.; FEITOSA, J. P. A.; MUNIZ, E. C. Síntese e caracterização de hidrogéis compósitos a partir de copolímeros acrilamida-acrilato e caulim: efeito da constituição de diferentes caulins do nordeste brasileiro. **Química Nova**, v. 36, n. 1, p. 40-45, 2013.
- CAPELESSO, E. S.; SANTOLIN, S. F.; ZANIN, E. M. Banco e chuva de sementes em área de transição florestal no sul do Brasil, **Revista Árvore**, v.39, n.5, p.821-829, 2015.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CARVALHO, S. J. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Influência da luz e da temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. **Bragantia**, v. 66, n. 4, 2007.
- CASTRO, E. B.; SANTOS, L. D. T.; FERNANDES, L. A.; TAJIMA, C. Y. Silicato de Alumínio em Substrato para Produção de Mudanças de *Corymbia citriodora*. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 229-236, 2016.
- CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos da escarificação química, luz e ph na germinação de sementes de *leucaena leucocephala* lam. **Ceres**, v.43, n. 248, P. 370-381, 1996.
- CHAVES, T. F.; QUEIROZ, Z. F.; SOUSA, D. N. R.; GIRAO, J. H. S. Uso da cinza da casca do arroz (CCA) obtida da geração de energia térmica como adsorvente de Zn (II) em soluções aquosas. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1378-1383, 2009.
- CHIOVATO, M. G.; GALVÃO, J. C. C.; FONTANETTI, A.; FERREIRA, L. R.; MIRANDA, G. V.; RODRIGUES, O. L.; BORBA, A. N. Diferentes densidades de plantas daninhas e métodos de controle nos componentes de produção do milho orgânico. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 277-283, 2007.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; OVEJERO, R. F. L. Resistência das plantas daninhas a herbicidas: definições, bases e situação no Brasil e no mundo. In: **Aspectos de resistência de plantas daninhas a herbicidas**, v. 3, p. 9-34, 2008.
- CHRISTOFFOLETI, P. J.; PASSINI, T. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura do feijão**. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo. Piracicaba: LPV/ESALQ/USP, 1999. p. 80-97.
- COELHO, A. A. O. P.; GIULIETTI, A. M. O gênero *Portulaca* L.(Portulacaceae) no Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 3, p. 655-670, 2010
- COMIG - Companhia mineradora de Minas Gerais. Apostila. 1994. 15p.
- CORREA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 4, p. 500-506, 2011.
- CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v.22, n.1, p.11-17, 2004.
- CRESPIM, H.; AZEVEDO, M. F. P.; DAVID, L. H.; CASSU, S. N.; LOURENÇO, V. L. Substituição de Amianto por silicato de alumínio e Grafite expansível em compósito de poliuretano utilizado em motor-foquete. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 17, n. 3, p. 228-233, 2007.
- CURTIS, J. T.; MCINTOSH, R. P. The interrelations of certain analytic and synthetic phytossociological characters. **Ecology**, v. 31, p. 434-455,1950.
- DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas: fundamentos**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 423p.
- DIAS, A. C. R.; CARVALHO, S. J. P.; BRANCALION, P. H. S.; NOVEMBRE, A. D. L. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Germinação de sementes aéreas pequenas de trapoeraba (*Commelina benghalensis*). **Planta Daninha**, v. 27, n. spe, p. 931-939, 2009.

DOUSSEAU, S.; ALVARENGA, A. A.; ARANTES, L. O.; OLIVEIRA, D. M.; NERY, F. C. Germinação de sementes de tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam.): influência da temperatura, luz e substrato. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 438-443, 2008.

ERASMO, E.A.L., AZEVEDO, W.R., SARMENTO, R.A., CUNHA, A.M. e GARCIA, S.L.R. Potencial de espécies utilizadas como adubo verde no manejo Integrado de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 337-342, 2004.

FARIA, R.M.; BARROS, R.E.; TUFFI SANTOS, L.D.. Weed interference on growth and yield of transgenic maize. **Planta daninha**. v.32, n.3, p. 515-520, 2014.

FÉLIX, A. P.; ZANATTA, C. P.; BRITO, C. B. M.; MURAKAMI, F. Y.; FRANÇA, M. I.; MAIORKA, A.; FLEMMING, J. S. Suplementação de mananoligossacarídeos (MOS) e uma mistura de aluminossilicatos na qualidade das fezes de cães adultos. **Archives of Veterinary Science**, v. 14, n. 1, p. 31-35, 2009.

FERREIRA, A. C. K.; ALFARO, D. M.; SILVA, L. C. C.; ROMANI, F.; LOURENÇO, M. C.; VARGAS, F.; SANTIN, E. O uso do aluminossilicato (Silvet®) como adjuvante na melhora do aspecto das fezes e desempenho das aves. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 1, p. 117-122, 2005.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. 4. ed. Passo Fundo – RS: UPF, 2008. 749p.

KALSING, A.; VIDAL, R. A. Redução da infestação de papuã (*Urochloa plantaginea*) no feijoeiro comum através do uso de herbicidas residuais. **Planta daninha**, v. 30, n. 3, p. 575-580, set. 2012.

KLEIN, A.; FELIPPE, G. M. Efeito da luz na germinação de sementes de ervas invasoras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 7, p. 955-966, 1991.

LABONIA, V. D. S.; CARVALHO, S. J. P.; MONDO, V. H. V.; CHIOVATO, M. G.; VICTORIA FILHO, R. Emergência de plantas da família *Convolvulaceae* influenciada pela profundidade da semente no solo e cobertura com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 27, n. especial, p. 921-929, 2009.

LORENZI, H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas. 6.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006. 339 p

LOUSADA JÚNIOR, J. E.; COSTA, J. M. C.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 70-76, 2006.

MARTINS, F. R. Critérios para a avaliação de recursos naturais. In: SIMPÓSIO SOBRE A COMUNIDADE VEGETAL COMO UNIDADE BIOLÓGICA, TURÍSTICA E ECONÔMICA, 1978, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1978. p. 136-149. (Publicação ACIESP, 15).

MENEZES, R. R.; ALMEIDA, R. R.; SANTANA, L. N. L.; FERREIRA, H. S.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. Utilização do resíduo do beneficiamento do caulim na produção de blocos e telhas cerâmicos. **Revista Matéria**, v. 12, n. 1, p. 226-236, 2007. A

MENEZES, R. R.; ALMEIDA, R. R.; SANTANA, L. N. L.; NEVES, G. A.; LIRA, H. L.; FERREIRA, H. C. Análise da co-utilização do resíduo do beneficiamento do caulim e serragem de granito para produção de blocos e telhas cerâmicos. **Cerâmica**, v. 53, p. 192-199, 2007. C

MENEZES, R. R.; OLIVEIRA, N. F.; SANTANA, L. N. L.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. Utilização do resíduo do beneficiamento do caulim para a produção de corpos múltiplos. **Cerâmica**, v. 53, p. 388-395, 2007.b

MEROTTO Jr., A.; FISCHER, A. J.; VIDAL, R. A. Perspectives for using light quality knowledge as an advanced ecophysiological weed management tool. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 407-419, 2009.

MESCHEDE, D. K.; FERREIRA, A. B.; RIBEIRO JR., C. C. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no cerrado. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 465-471, 2007.

- MESQUITA, A. A. **Remediação de áreas contaminadas por metais pesados provenientes de lodo de esgoto**. 2002. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002.
- MESQUITA, M. L. R.; ANDRADE, L. A.; PEREIRA, W. E. Banco-de-sementes do solo em áreas de cultivo de subsistência na floresta ombrófila aberta com babaçu (*Orbygnia phalerata* mart.) no Maranhão. **Revista Árvore**, v.38, n.4, p.677-688, 2014.
- MORAES, P. V. D.; AGOSTINETTO, D.; VIGNOLO, G. K.; SANTOS, L. S.; PANOZZO, L. E. Manejo de plantas de cobertura no controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 289-296, 2009.
- MOREIRA, M. D.; PICANÇO, M. C., SILVA, M.; MORENO, S. C.; MARTINS, J. C.; VENZON, M.. Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas. **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa: EPAMIG/CTZM, 2005. p. 89-120.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547 p.
- MULLER, C. H. Allelopathy as a factor in ecological process. **Plant Ecology**, v. 18, n. 1, p. 348-357, 1969.
- NEGRISOLI, E.; CORREA, M.R.; ROSSI, C.V.S.; CARBONARI, C.A.5, VELINI, E.D.6 e PERIM, L.7 2009, Eficácia do herbicida oxyfluorfen com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 1, p. 197-203, 2009 **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 27, n. 1, p. 197-203, 2009.
- NOGUEIRA, N. O.; TOMAZ, M. A.; ANDRADE, F. V.; REIS, E. F.; BRINATE, S. V. B. Influência da aplicação de dois resíduos industriais nas propriedades químicas de dois solos cultivados com café arábica. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 11-21, 2012.
- OGUNWENMO, K. O.; UGBOROGHO, R. E. Effects of chemical and mechanical scarification on seed germination of five species of *Ipomoea* L.(Convolvulaceae). **Boletim da Sociedade Broteriana**, n. 70, p. 33-47, 2000.
- OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Omnipax, 348 p., 2011.
- OLIVEIRA, F. J. S.; JUCÁ, J. F. T. Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 211-217, 2004.
- PAZ, S. P. A.; ANGELICA, R. S.; NEVES, R. F. Síntese hidrotermal de sodalita básica a partir de um rejeito de caulim termicamente ativado. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 579-583, 2010.
- PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 2, n. 1, p. 118-127, 2007.
- PINHEIRO, R. T. **Superação da dormência de sementes e controle químico de cordas-de-violão (*Ipomoea* spp.) em soja resistente ao glifosato**. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed., Brasília, 298 p., 1985.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 287-296, 2003.
- PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; COSTA, L. C. Análise do crescimento e eficiência no uso da água pelas culturas de soja e do feijão e por plantas daninhas. **Acta Scientiarum**, v.24 n.5 p. 1345-1351, 2002.

- PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; DONAGEMMA, G. K.; MENDONÇA, E. S. Ponto de murcha permanente de soja e feijão e plantas daninhas. **Planta daninha**, v.22, n.1, p.35-41, 2004.
- QUEIROZ, L.R.; GALVÃO, J.C.C.; CRUZ, J.C.; OLIVEIRA, M.F.; TARDIN, F.D. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 2, p. 263-270, 2010.
- RADOSEVICH, S. R. Methods to study interactions among crops and weeds. **Weed Technology**. v. 1, p. 190-198, 1996.
- REIS, E. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIEIRA, L. B.; SOUZA, C. M.; FERNANDES, H. C. Avaliação do contato solo-semente em um solo argiloso sob plantio direto, com diferentes teores de água do solo. **Engenharia na Agricultura**, v. 10, p. 31-39, 2002.
- REZENDE, A. V.; ANDRADE, L. P.; ALMEIDA, G. B. S.; RABELO; C. H. S.; RABELO, F. H. S.; LANDGRAF, P. R. C.; NOGUEIRA, D. A.; VILELA, H. H. Efeito da profundidade e da mistura de sementes ao adubo químico na emergência de plântulas de espécies forrageiras. **Agraria**, v. 5, n. 16, p. 115-122, 2012.
- REZENDE, M. L. S.; MENEZES, R. R.; NEVES, G. A.; NASCIMENTO, J. W. B.; LEAL, A. F. Utilização do resíduo de caulim em blocos de vedação. **Revista Escola de Minas**, v. 61, n. 3, p. 285-290, 2008.a
- RODRIGUES, B. N.; PITELLI, R. A. Quebra de dormência em sementes de *Commelina benghalensis*. **Planta daninha**, v. 12, n. 2, p. 106-110, 1994.
- SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 1, p. 57-67, 2005.
- SANCHEZ, E.; BARBA, A.; FELIU, C.; GARCIA, J.; GINES, F.; SANS, V.; BELTRAN, V. **Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas**. Castellón, España: Instituto de Tecnología Cerámica – AICE, p. 291, 1997.
- SANTIAGO, A. R.; ANDRADE, A. M. Carbonização de resíduos do processamento mecânico da madeira de eucalipto. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 1, p. 1-7, 2005.
- SANTOS, L. R.; MELCHIADES, F. G.; BISCARO, E.; FERRARI, A.; BOSCHI, A. O. Avaliação de Caulim Sedimentar do Estado do Pará como Matéria-Prima para o Setor Cerâmico. Parte I. Caracterização Físico-Química. **Cerâmica Industrial**, v. 15, n. 5, p. 19-24, 2010.
- SILVA, A. A. Biologia de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. Tópicos em manejo de plantas daninhas. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 318 p.
- SILVA, A. A.; JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. R. Manejo de plantas daninhas no Sistema Integrado Agricultura-Pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L. Manejo integrado: integração agricultura-pecuária. Viçosa-MG: UFV, 2004. p. 117-170.
- SILVA, A. C.; VIDAL, M.; PEREIRA, M. G. Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim. **Revista Escola de Minas**, v. 54, n. 2, p. 133-136, 2001.
- SILVA, A. M.; OLIVEIRA, R. L.; RIBEIRO, O. L.; BAGALDO, A. R.; BEZERRA, L. R.; CARVALHO, S. T.; ABREU, C. L.; LEAO, A. G. Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação animal. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 370-379, 2014.
- SORENSEN, T. A. Method of stablishing groups of equal amplitude in plant society based on similarity of species content. In: ODUM, E. P. **Ecologia**. 3.ed. México: Interamericana, p. 341-405, 1972.
- SOUZA, J. M. L.; SALES, R. O.; AZEVEDO, A. R. Avaliação do ganho de biomassa de alevinos de tilápia (*Oreochromis niloticus*) alimentados com silagem biológica de resíduos de pescado. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 3, n. 1, p. 1-14, 2009.
- SOUZA, Z. J.; AZEVEDO, P. F. Geração de energia elétrica excedente no setor sucroalcooleiro: um estudo a partir das usinas paulistas. **Revista de Economia e Sociologia rural**, v. 44, n. 2, p. 179-199, 2006.

TILLMANN, M. A. A.; PIANA, Z.; CAVARIANI, C.; MINAMI, K. Efeito da profundidade de semeadura na emergência de plântulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Scientia Agricola**, v.51, n.2, p.260-263, 1994.

VAZ DE MELO, A.; GALVÃO, J. C. C.; FERREIRA, L. R.; MIRANDA, G. V.; TUFFI SANTOS, L. D.; SANTOS, I. C.; SOUZA, L. V. Dinâmica populacional de plantas daninhas em cultivo de milho-verde nos sistemas orgânico e tradicional. **Planta daninha**, v. 25, n. 3, p. 521-527, 2007.

VELINI, E. D. Interferências entre plantas daninhas e cultivadas: In: Avances en manejo de malezas en la producción agrícola y forestal. Santiago del Chile: PUC/ ALAM, 1992. p. 41-58.

VIDAL, R. A.; KALSING, A.; GOULART, I. C. G. R.; LAMEGO, F. P. CHRISTOFFOLETI, P. J. Impacto da temperatura, irradiância e profundidade das sementes na emergência e germinação de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* resistentes ao glyphosate. **Planta daninha**, v. 25, n. 2, p. 309-315, 2007.

WATANABE, M.; ZANATTA, B.; VIEIRA, A. C. P.; YAMAGUSH, C. K. Fatores condicionantes da utilização da casca de arroz na co-geração de energia na região sul catarinense. **Seminário de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 3, n. 3, 2012.

ZBIK, M.; SMART, R. S. C. Nanonorphology of Kaolinites: comparactive SEM and AFM studies. **Clays and Clay Minerals**, v.46, n.2, p. 153-160, 1998.