UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
***CAMPUS* CERRO LARGO**
CURSO DE AGRONOMIA

DENISE TEREZINHA ANDRZEJEWSKI

EFEITO DA LUMINOSIDADE E DA TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE ESPÉCIES DE PLANTAS DE COBERTURA

CERRO LARGO
2025

DENISE TEREZINHA ANDRZEJEWSKI

EFEITO DA LUMINOSIDADE E DA TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE ESPÉCIES DE PLANTAS DE COBERTURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons

CERRO LARGO

2025

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Andrzejewski, Denise Terezinha
EFEITO DA LUMINOSIDADE E DA TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE ESPÉCIES DE PLANTAS DE COBERTURA / Denise Terezinha Andrzejewski. -- 2025.
48 f.

Orientador: Drº Sidinei Zwick Radons

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2025.

1. Temperatura e luminosidade na germinação de plantas de cobertura. I. Radons, Sidinei Zwick, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

DENISE TEREZINHA ANDRZEJEWSKI

EFEITO DA LUMINOSIDADE E DA TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE ESPÉCIES DE PLANTAS DE COBERTURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Engenheira Agrônoma

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 10/11/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons – UFFS
Orientador

Prof.ª Dr.ª Juliane Ludwig– UFFS
Avaliadora

Eng.ª Agrônoma Letícia Welter – UFFS
Avaliadora

... Em memória do meu Saudoso e Amado Pai, dedico esta conquista como um gesto de eterna gratidão e saudade, tendo a certeza de que ele estaria orgulhoso de mim...

.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons, por sua dedicação, paciência e confiança depositada em mim. Obrigada por acreditar no meu potencial e me ajudar neste processo tão desafiador. À Universidade Federal da Fronteira Sul - *Campus* Cerro Largo, a todos os professores e que contribuíram para minha formação e crescimento acadêmico.

A minha banca examinadora, a professora Juliane Ludwig e a engenheira agrônoma Letícia Welter pela disponibilidade de fazer parte da minha banca e por todas as considerações e correções.

À minha família (Mãe, Irmã e Irmão). À minha mãe, pelas palavras de incentivo e por nunca deixar que eu desistisse dos meus sonhos. E com o coração apertado de saudade, mas cheio de uma imensa gratidão, presto uma homenagem ao meu pai amado Felício Antônio Andrzejewski (in memoriam) que mesmo ausente fisicamente, jamais deixou de estar presente em minha vida. Em cada desafio superado, em cada passo dado, senti sua força me sustentando, como se suas mãos estivessem ali, me guiando silenciosamente.

Foi com seu exemplo de coragem, dedicação e amor que aprendi a não desistir, mesmo nos momentos mais difíceis. Seus ensinamentos, sua força e seus valores continuam vivos em mim, guiando meus passos com amor e coragem, assim lapidando a pessoa e a profissional que hoje me torno. Esta é a realização de um sonho que começou muito antes, quando você acreditava em mim, mesmo antes de eu acreditar. Essa conquista é nossa, e onde quer que o senhor esteja, espero que sinta o meu amor, meu orgulho e minha eterna gratidão que será lembrado eternamente na minha trajetória.

Aos amigos que estiveram me ajudando na realização deste trabalho, o meu muito obrigada. Agradeço também ao meu namorado Anderson, por todo o apoio e incentivo ao longo dessa jornada. Finalizo este trabalho com o reconhecimento a todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa caminhada.

Agradeço também a empresa Dismat Agronegócios, de Ijuí, pela doação das sementes de mucuna cinza e crotalária. Da mesma forma à Agropecuária Laçador de Cerro Largo, pela disponibilidade das outras espécies de plantas de cobertura, nabo forrageiro e milheto.

“Se você quer ter sucesso na vida, não precisa mudar nada, exceto a sua percepção. A maneira mais fácil de obter o que você deseja é ajudar os outros a obterem o que eles desejam. Na semente de todo desejo e intenção está o mecanismo para o seu cumprimento. A intenção e o desejo no campo da pura potencialidade têm um poder de organização infinito” (CHOPRA, 1994, p. 28).

RESUMO

As plantas de cobertura desempenham papel essencial na sustentabilidade dos sistemas agrícolas, contribuindo para a conservação do solo e a ciclagem de nutrientes. A germinação dessas espécies é influenciada por fatores ambientais, especialmente temperatura e luminosidade. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito desses fatores na germinação de *crotalaria juncea, pennisetum glaucum, mucuna pruriens* e *raphanus sativus* var. *oleiferus.* O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes por tratamento, nas temperaturas de 8°C, 16°C, 24°C, 32°C e 40 °C, sob presença e ausência de luz. Foram avaliados a porcentagem de germinação, o índice de velocidade de germinação (IVG) e o comprimento médio de plântulas. Todas as espécies germinaram em ambos os regimes de luz, com faixas térmicas ótimas entre 25 e 30 °C. A crotalária apresentou melhor desempenho em torno de 25–26 °C, o milheto destacou-se a 28 °C, e a mucuna-cinza foi mais influenciada pela temperatura do que pela luz. O nabo-forrageiro apresentou forte interação entre luz e temperatura, com germinação máxima a 18,8 °C no escuro e 22,3 °C sob luz. Temperaturas extremas reduziram o vigor das plântulas. Conclui-se que temperatura e luminosidade são fatores determinantes para a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas de cobertura avaliadas.

Palavras-chave: *crotalaria juncea*; *pennisetum glaucum*; *mucuna pruriens*; *raphanus sativus* var. *oleiferus*.

ABSTRACT

Cover crops play an essential role in the sustainability of agricultural systems, contributing to soil conservation and nutrient cycling. The germination of these species is influenced by environmental factors, especially temperature and light. This study aimed to evaluate the effect of these factors on the germination of *crotalaria juncea*, *pennisetum glaucum*, *mucuna pruriens*, and *raphanus sativus var. oleiferus*. The experiment was conducted in a completely randomized design, with four replications of 25 seeds per treatment, at temperatures of 8°C, 16°C, 24°C, 32°C, and 40°C, under both light and dark conditions. Germination percentage, germination speed index (GSI), and average seedling length were evaluated. All species germinated under both light regimes, with optimal temperature ranges between 25 and 30°C. *Crotalaria* showed better performance around 25–26°C, *Pennisetum glaucum* achieved the highest germination at 28°C, and *Mucuna pruriens* was more influenced by temperature than by light. *Raphanus sativus* var. *oleiferus* showed a strong interaction between light and temperature, with maximum germination at 18.8°C in the dark and 22.3°C under light. Extreme temperatures reduced seedling vigor. It is concluded that temperature and light are determining factors for the germination and early development of the evaluated cover crop species.

Keywords *Crotalaria juncea*; *Pennisetum glaucum*; *Mucuna pruriens*; *Raphanus sativus var. oleiferus*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
2 REVISÃO DE LITERATURA 12
2.1 IMPORTÂNCIA DA COBERTURA VEGETAL (ENTRE-SAFRA). 12
2.2 PRINCIPAIS PLANTAS DE COBERTURA 12
2.2.1 Crotalária juncea (*Crotalária juncea* L.) 13
2.2.2 Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) 13
2.2.3 Nabo Forageiro *(Raphanus sativus* L.) 14
2.2.4 Mucuna-preta (*Mucuna aterrima* L.) 14
2.2.5 Mixes de Cobertura 15
2.3 IMPORTANCIA DA CONDIÇÃO AMBIENTAL NA GERMINAÇÃO 17
2.3.1 Luminosidade e Germinação 17
2.3.2 Temperatura e Germinação 17
2.3.3 Superação de dormência 18
3 MATERIAL E MÉTODOS 21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 24
4.1 CROTALÁRIA 24
4.2 MILHETO 27
4.3 MUCUNA-CINZA 31
4.4 NABO FORRAGEIRO 35
5 CONSIDERAÇOES FINAIS 39
6 REFERENCIAS 40

1 INTRODUÇÃO

É durante o processo de germinação que as sementes que possuem embrião dão origem a uma plântula e, em seguida, passam a desempenhar atividades metabólicas, iniciando o processo de embebição. O desenvolvimento do embrião ocorre por meio do alongamento celular, processo que dependente da disponibilidade de água e do armazenamento de reservas. Na maioria das vezes, o término da fase de maturação ocorre quando a semente apresenta uma grande quantidade de matéria seca em seus tecidos, representando o ponto ideal de maturidade fisiológica. A germinação das sementes envolve uma sequência de etapas fisiológicas, que compreendem a embebição, a ativação enzimática, o início do crescimento do embrião, o rompimento do tegumento e a emergência da plântula (Rodrigues, 1988)

Encontram-se inúmeros aspectos que auxiliam nas funções envolvidas no processo de germinação, destacando-se a luminosidade, a temperatura, a disponibilidade de água e o oxigênio (Frank, 2002). Diante disso, a temperatura exerce um papel fundamental, influenciando diretamente a porcentagem de sementes germinadas e, consequentemente, a velocidade da germinação. Temperaturas ideais favorecem uma maior taxa de germinação, enquanto temperaturas muito elevadas ou muito baixas podem inibir esse processo (Batlla; Arnold,2015). A temperatura influencia tanto a capacidade quanto a velocidade de germinação, por afetar especialmente a velocidade de absorção de água e a reativação das reações metabólicas, fundamentais aos processos de mobilização de reservas e a retomada de crescimento da raiz primária (Bewley e Black, 1994).

Em condições de campo, as temperaturas que não favorecem a germinação não são as mais adequadas, o que dificulta o desenvolvimento das sementes. Diante disso, observa-se a escassez de dados sobre a resposta quantitativa da germinação e da formação inicial de plântulas sob condições de temperatura inadequadas, especialmente em espécies com menor importância comercial. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é o órgão responsável por regulamentar os testes de germinação, por meio das condições estabelecidas nas Regras de Análise de Sementes (RAS), as quais determinam que todos os procedimentos relacionados ao desenvolvimento dos testes de germinação devem ser executados de forma adequada e padronizada (Brasil, 2009).

As plantas de cobertura são classificadas em dois grupos: outono/inverno e primavera/verão. A semeadura das espécies de cobertura do grupo outono/inverno ocorre entre os meses de março e junho, estendendo-se até o final do inverno. Na região Sul, essas

plantas apresentam melhor desenvolvimento em temperaturas amenas. No entanto, considerando que o manejo com plantas de cobertura é amplamente adotado, é importante que esse período não coincida com o calendário de cultivo das principais culturas de interesse comercial, que ocorrem predominantemente na primavera/verão (Ziech *et al*., 2015).

As plantas de cobertura de primavera/verão, implantadas entre os meses de setembro e dezembro, apresentam baixo risco de geada, sendo essa uma condição favorável ao seu desenvolvimento. Por outro lado, essas plantas também podem ser semeadas após a colheita da safra de verão, desde que sejam implantadas antes da queda das temperaturas no período outonal. Nesse intervalo, o solo permanece completamente coberto, o que pode favorecer o surgimento e a proliferação de plantas daninhas (Wildner, 2020).

O efeito da luminosidade sobre a germinação de sementes varia entre as espécies. Sendo que algumas apresentam taxas de germinação semelhantes tanto sob sombra, quanto sob plena exposição solar, enquanto outras respondem de forma diferenciada de acordo com os níveis de sombreamento (Fonseca; Leão; Santos, 2006).

Sendo assim, o estudo dos fatores que influenciam a germinação das espécies torna-se cada vez mais relevante, à medida que se busca compreender os processos fisiológicos e biológicos envolvidos, bem como suas interações com fatores internos e externos. Esse conhecimento é fundamental para o uso adequado de estratégias de manejo, beneficiamento e armazenamento de sementes, visando um estabelecimento mais eficiente e sustentável das plantas em campo (Floss, 2011).

Em sistemas de produção agrícola que utilizam espécies de entre safra, as sementes frequentemente são semeadas em condições de campo onde a temperatura e a umidade do solo não atingem os níveis ideais (Nascimento *et al*., 2021). Isso ocorre devido à imprevisibilidade climática dessas épocas, que pode limitar o potencial de germinação e desenvolvimento inicial das plantas (Fenner & Thompson, 2005). Por outro lado, o uso de plantas de cobertura é uma prática importante para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Assim, o sucesso de seu estabelecimento depende de condições adequadas para a germinação.

Portanto o presente trabalho tem como objetivo avaliar como a luminosidade e a temperatura afetam a germinação de sementes de espécies utilizadas, crotalária *(Crotalaria juncea)*, milheto (*Pennisetum glaucum*), mucuna-cinza (*Mucuna pruriens*) e nabo-forrageiro (*Raphanus sativus* var. *oleiferus*), como cobertura vegetal. A partir disso, pretende-se gerar informações que auxiliem na escolha do melhor momento para a semeadura e no manejo das sementes, garantindo maior eficiência no uso dessas espécies.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DA COBERTURA VEGETAL (ENTRE-SAFRA).

Desde meados da década de 1980, o Sistema de Plantio Direto (SPD) passou a ser adotado como uma estratégia agrícola com o objetivo de minimizar o revolvimento do solo, visando evitar a erosão e preservar a cobertura da camada superficial. Nesse contexto, buscase conservar a cobertura vegetal por meio da rotação de culturas e da implantação de plantas de cobertura durante os períodos de pousio nas entre-safras, promovendo assim a saúde do solo a longo prazo.

As plantas de cobertura desempenham um papel fundamental na prática agrícola e no Sistema de Plantio Direto (SPD), atuando na preservação do solo contra a erosão. Os teores de matéria orgânica promovidos por essas plantas contribuem para o aumento da ciclagem de nutrientes, auxiliam no controle de plantas daninhas e proporcionam economia no uso de água e fertilizantes (Carvalho *et al*., 2010).

As plantas de cobertura, em geral, são espécies que apresentam alta produção de matéria seca (MS) e crescimento radicular profundo, abrangendo uma área significativa do solo. Esse desenvolvimento confere a elas elevado potencial de produção de biomassa e de ciclagem de nutrientes. Essas espécies também apresentam alta taxa de absorção de nutrientes, com destaque para o nitrogênio (N) e o fósforo (P), o que pode reduzir a necessidade de aplicação de fertilizantes. Além disso, tendem a apresentar boa tolerância ao déficit hídrico, bem como a doenças e pragas (Alvarenga, 2001; Lima; Madeira, 2013).

Portanto, todas as espécies de plantas de cobertura possuem características únicas, como o tipo e o formato das raízes, a produção de fitomassa, o porte da parte aérea e os nutrientes que absorvem e acumulam. Dessa forma, pode haver interferências no solo, especialmente em relação à atividade dos organismos, dependendo da espécie utilizada. A produção de fitomassa pode variar conforme o genótipo, o tipo de implantação, as exigências edafoclimáticas e a adoção de boas práticas de manejo (Menezes; Leandro, 2004).

2.2 PRINCIPAIS PLANTAS DE COBERTURA

As plantas de cobertura são classificadas conforme o ciclo outono/inverno e de acordo com diferentes famílias botânicas, com o objetivo de contribuir para a melhoria da qualidade e estrutura do solo. Portanto, a seguir são apresentadas algumas espécies de plantas de

cobertura de maior importância para a estruturação do solo, segundo estudos realizados por Carvalho *et al*. (2022).

2.2.1 Crotalária juncea (*Crotalária juncea* L.)

A crotalária (*Crotalaria juncea L.),* originária da Índia e da Ásia Tropical, é uma planta Fabaceae de porte subarbustivo e ciclo de vida anual. Ela apresenta um excelente desempenho como adubo verde no Cerrado, além de ser utilizada como cobertura de solo em sistemas de plantio direto (SPD) (Burle *et al.*, 2006).

Devido ao fato de ser uma Fabaceae, a *Crotalaria juncea* possui a capacidade de fixar bactérias responsáveis pela fixação de N2, promovendo um significativo aumento na disponibilidade desse nutriente no sistema solo-planta (Perin *et al*., 2003). Assim, essa leguminosa é capaz de fixar de 150 a 165 kg de nitrogênio por hectare (Calegari, 1995).

C. juncea, por sua vez, apresenta um desenvolvimento inicial rápido, além de contribuir para o controle eficaz de plantas daninhas, facilitando a implantação da cultura sucessora e promovendo retorno financeiro. Ela também contribui significativamente para a eficiência na ciclagem de nutrientes, apresentando um efeito positivo no controle de nematoides (Burle *et al*., 2006). Além disso, isso indica que há uma decomposição lenta devido aos altos teores de hemiceluloses, celulose e lignina presentes na planta (Carvalho *et al.*, 2011).

2.2.2 Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown)

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown), originário da África, é uma Poaceae de ciclo de vida anual, amplamente utilizada como planta de cobertura. Durante o período de verão, também é empregado como forrageira (Calegari *et al*., 1993).

No sistema de plantio direto, o milheto é utilizado como planta de cobertura, apresentando resultados no controle do excesso de nutrientes, além de melhorar o desenvolvimento de fitomassa em um período relativamente curto (Braz *et al*., 2004).

No Cerrado Brasileiro, o milheto apresenta excelente adaptação às condições locais, onde os solos são caracterizados por baixa fertilidade e períodos prolongados de estiagem. Isso facilita a sua adaptação, pois possui alta tolerância ao déficit hídrico, além de um sistema radicular profundo, que permite a absorção de nutrientes nas camadas mais profundas do solo (Pereira Filho *et al*., 2003). Portanto, apesar de ser uma planta de decomposição lenta, como outras Poaceae, ele, bem como o sorgo, tem grande potencial de desenvolvimento de palhada, com durabilidade no solo.

2.2.3 Nabo Forageiro *(Raphanus sativus* L.)

O nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.), pertencente à família das Brassicaceae, é uma planta de ciclo de vida anual, originária da Ásia (Calegari *et al*., 1993). Sendo caracterizada uma espécie caracterizada por crescimento inicial acelerado, proporcionando cerca de 70% de cobertura do solo após 60 dias de emergência (Calegari, 1990).

Nas regiões Sul, Centro-Oeste e no Estado de São Paulo, o nabo forrageiro é utilizado como adubo verde de inverno e como planta de cobertura em sistemas conservacionistas, como o plantio direto e o cultivo mínimo (Crusciol *et al*., 2005).

Segundo estudos de Aita; Giacomini (2003), um experimento realizado em Santa Maria/RS apresentou resultados indicando que, a produção de matéria seca do nabo forrageiro foi de 3,72 t ha^{-1}. Já os trabalhos de Carvalho *et al*. (2011) obtiveram como resultado cerca de 4,4 t ha^{-1} em uma área de Cerrado no Distrito Federal, durante o período seco. Essa espécie de planta de cobertura apresenta uma decomposição rápida, o que facilita a exposição do solo em um curto período de tempo (Carvalho *et al*., 2011).

O nabo forrageiro, devido ao seu rápido crescimento inicial, contribui para a supressão de plantas daninhas. Estudos realizados no Cerrado do Brasil Central mostram que, mesmo com baixa fitomassa, essa espécie é eficaz no controle da emergência de plantas invasoras, possivelmente devido à ação de compostos alelopáticos presentes em seus resíduos (Burle *et al*., 2006).

2.2.4 Mucuna-preta (*Mucuna aterrima* L.)

A mucuna-preta (*Mucuna aterrima* L.) é uma espécie pertencente à família das Fabaceae, de ciclo de vida anual, originária do Sudeste da Ásia e difundida em países tropicais (Burle *et al*., 2006).

Sua principal vantagem é o processo vegetativo eficiente e a rusticidade, que facilitam sua boa adaptabilidade em condições de deficiência hídrica, além de suportar as altas temperaturas da região dos Cerrados (Amabile *et al*., 2000). Além disso, apresenta baixa ou nenhuma sensibilidade ao fotoperíodo e ao déficit hídrico (Amabile *et al*., 1996).

De modo geral, as espécies de mucuna estão entre Fabaceae que apresentam melhor nodulação, tornando-se eficientes com as estirpes nativas de rizóbio. No entanto, em solos de primeiro cultivo, formam poucos nódulos, sendo necessária a inoculação para garantir eficiência (Vargas *et al*., 2002). Devido à presença significativa de lignina em sua composição

química, a espécie possui maior resistência à decomposição, o que resulta em uma maior permanência da palhada no solo (Carvalho *et al*., 2011).

2.2.5 Mixes de Cobertura

Durante a década de 90, foram realizados estudos no Brasil sobre o consórcio de plantas de cobertura, especificamente com ervilhaca e aveia preta, em diferentes proporções. O principal objetivo dessas pesquisas era avaliar o efeito dessas combinações em relação à biomassa, à relação C/N e ao teor de nitrogênio presente nos tecidos das plantas, com a finalidade de compreender como essas variáveis se comportam nas condições experimentais recomendadas (Heinrichs, 2001; Aita & Giacomini, 2003 Aita *et al*., 2004;).

O sistema de consórcio de plantas de cobertura, na maioria das vezes, indica maior eficiência de rendimento devido à complementaridade das espécies, o que resulta em benefícios. No entanto, uma grande parte dos agricultores ainda não utiliza esse sistema, o que torna desaproveitadas as vantagens desse mix, limitando seu potencial de contribuição para a agricultura (Elhakeem *et al*., 2019).

Segundo Silva (2020), o sistema de mix de plantas de cobertura tem se destacado principalmente porque as espécies envolvidas possuem características distintas e complementares. Essa combinação melhora os efeitos positivos no sistema agrícola, garantindo resultados mais eficazes do que os obtidos com cultivos individuais. Dentre os principais benefícios, destacam-se o aumento da disponibilidade de nutrientes, a melhoria na estrutura e a proteção do solo, contribuindo significativamente para a elevação da qualidade do solo e consolidando-se como uma alternativa sustentável e eficiente para a agricultura.

Nessa perspectiva, o mix de plantas de cobertura é a mistura de duas ou mais espécies em uma mesma área, com o objetivo de ocupar camadas diferentes do solo, promovendo benefícios entre as plantas. Esse sistema auxilia no desenvolvimento e na produção de matéria seca, contribui para o sistema radicular e favorece a diversidade de raízes, de acordo com características específicas de cada espécie (Fries, 2021).

Os cultivos consorciados apresentam menor risco de perdas, pois, mesmo sob condições desfavoráveis que afetem o desenvolvimento de uma das espécies, as demais podem continuar seu crescimento normalmente. Esse conjunto de espécies proporciona um efeito positivo, contribuindo para a estabilidade da produção e reduzindo a probabilidade de perdas da safra, ao contrário do que ocorre em cultivos em monocultura (Elhakeem *et al*., 2019).

A utilização de mixes de plantas de cobertura contribui para a formação de palhada e para o acúmulo de nitrogênio no solo, reduzindo, assim, a necessidade de fontes externas desse nutriente (Sandrin, 2022). O autor também destaca a importância de avaliar a eficiência individual de cada espécie dentro da mistura, aproveitando as condições edafoclimáticas favoráveis ao desenvolvimento radicular. Nesse sentido, é essencial identificar previamente as características desejadas para o sistema, com o objetivo de maximizar a produtividade da cultura sucessora (Elhakeem *et al*., 2019).

A utilização da mistura de espécies favorece a ocupação de nichos ecológicos complementares, o que pode resultar em maior produção de biomassa e maior acúmulo de nitrogênio no solo, superando os resultados obtidos em sistemas de cultivo convencional (Elhakeem *et al.,* 2019).

A eficiência dos mixes de plantas de cobertura também está relacionada a um fenômeno chamado simbiose tripartite. Por meio de uma rede externa de hifas dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA), ocorre uma interconexão entre as diferentes raízes das espécies consorciadas. Esse processo pode resultar na transferência de nitrogênio para espécies que não pertencem à família Fabaceae, o que ajuda a explicar a maior produção de biomassa observada em cultivos consorciados (Cruz; Martins, 1997).

A adoção do plantio direto, associada ao uso contínuo de plantas de cobertura, proporciona diversos benefícios à qualidade do solo, como o aumento da produtividade e do peso de grãos. Esses efeitos positivos são observados mesmo em áreas que já receberam adubação de base e tiveram suas exigências nutricionais supridas (Cassol, 2019).

Embora o uso de plantas de cobertura nos sistemas agrícolas seja uma prática já consolidada, a utilização de mixes com fins comerciais ainda é considerada recente. Essa novidade no contexto produtivo reflete-se na limitada quantidade de pesquisas científicas que investigam, de forma detalhada, aspectos como as proporções ideais de semeadura e a produtividade de matéria seca (MS) desses consórcios.

Portanto, o estudo ressalta a necessidade de novas pesquisas que aprofundem o conhecimento técnico, contribuindo para a formulação de recomendações mais eficazes. Dessa forma, espera-se potencializar os serviços ecossistêmicos oferecidos por essas misturas, promovendo maior sustentabilidade e eficiência nos sistemas agrícolas.

2.3 IMPORTANCIA DA CONDIÇÃO AMBIENTAL NA GERMINAÇÃO

2.3.1 Luminosidade e Germinação

A luz desempenha um papel fundamental no desenvolvimento e crescimento das plantas, sendo indispensável para a realização da fotossíntese. Além disso, influencia diversos processos independentes dela, regulados por fotorreceptores localizados em diferentes estruturas das plantas. Diante disso, algumas espécies são capazes de germinar na ausência de luz, como forma de adaptação a condições desfavoráveis ou devido a fatores fisiológicos específicos (Canossa *et al*., 2008; Nasser, 2018).

De acordo com Ruths *et al*. (2019), há uma ampla variação nos resultados germinativos de cada espécie, dependendo da presença ou ausência de luz. A presença de luz regula o processo de germinação por meio do fotorreceptor fitocromo (Melo, 2006), que é responsável por absorver comprimentos de onda na faixa do vermelho (660 nm) e do vermelho extremo (730 nm), uma região espectral considerada favorável à germinação (Brasil, 2009).

A sensibilidade à luz em algumas espécies pode classificá-las como fotoblásticas positivas, ou seja, sementes que necessitam de luz para que o processo de germinação ocorra. Por outro lado, espécies que não germinam na presença de luz são consideradas fotoblásticas negativas. Além disso, existem sementes que germinam normalmente, independentemente da presença ou ausência de luz, sendo classificadas como fotoblásticas neutras (Koller *et al*., 1962).

2.3.2 Temperatura e Germinação

A temperatura exerce grande influência nas reações bioquímicas, iniciando o processo de germinação, além de afetar a porcentagem e a velocidade da germinação. Dessa forma, a temperatura pode atuar na regulação da germinação de três maneiras: influenciando o desempenho germinativo das sementes; interferindo na remoção da dormência primária ou secundária; ou até mesmo induzindo a dormência secundária (Bewley; Black, 1943; Nascimento; Dias; Silva, 2011).

De acordo com Mondo *et al*. (2008), cada semente reage de maneira diferente às variações de temperatura. Ou seja, cada semente de uma determinada espécie, seja ela específica ou individual, exigirá uma condição de temperatura ótima, com uma faixa máxima e mínima para o processo de germinação, a qual pode variar de acordo com a distribuição

geográfica da espécie nativa (Labouriau, 1983; Nassif; Vieira; Fernandes, 1998; Filho, 2005). Portanto, devemos considerar a temperatura ideal quando ela resulta na maior porcentagem de germinação no menor tempo possível, com uma velocidade de germinação aceitável. Na maioria das vezes, as espécies tropicais necessitam de temperaturas entre 15°C e 30°C. Temperaturas fora dessa faixa tendem a afetar diretamente tanto a velocidade quanto o percentual de germinação (Nassif; Vieira; Fernandes, 1998; Filho, 2005).

Segundo Filho (2005), as altas temperaturas, em sua maior parte, aceleram a velocidade de germinação, mas reduzem o percentual final de germinação, pois interrompem a produção de enzimas e diminuem o acesso ao oxigênio, além de influenciar o momento em que a semente pode entrar em dormência (Nascimento; Dias; Silva, 2011). As altas temperaturas também afetam a fluidez dos lipídeos e reduzem a mobilidade das membranas celulares, levando à perda de íons e, eventualmente, à ruptura das membranas (Taiz; Zeiger, 2013).

Sob condições de temperaturas baixas, o percentual de germinação não sofre grande influência, mas a velocidade da germinação tende a ser mais lenta, pois a absorção de água pelas sementes é afetada. Isso pode levar a uma redução nas reações fisiológicas e bioquímicas (Carvalho; Nakagawa, 2012), resultando em desuniformidade no lote de sementes e prejudicando a padronização do produto a ser oferecido ao mercado (Nascimento; Dias; Silva, 2011; Carvalho; Nakagawa, 2012). Conforme Zimmer (2019) relata que ainda que sementes dormentes ou inviáveis possam atingir a fase II, em condições de baixa temperatura, a embebição das sementes pode ocorrer, mas o crescimento do embrião é impedido para a maioria das espécies (Matos; Borges; Silva, 2015).

2.3.3 Superação de dormência

Caracterizam-se como sementes dormentes aquelas que, apesar de apresentarem viabilidade fisiológica, ou seja, estarem vivas e com potencial de desenvolvimento, não iniciam o processo de germinação mesmo quando expostas a condições externas consideradas ideais e favoráveis, como temperatura, umidade, oxigênio e luz adequados (Brasil, 2009).

A dormência provoca um retardo no processo de germinação, atuando como um mecanismo natural que contribui para a sobrevivência das sementes em ambientes com condições desfavoráveis ao seu estabelecimento. As sementes podem apresentar 2° tipos principais de dormência: a primária e a secundária. A dormência primária ocorre quando a

semente já é dispersa pela planta-mãe em estado dormente, impedindo a germinação imediata. Já a dormência secundária se manifesta após a semente ter sido liberada, adquirindo esse estado em resposta a fatores ambientais adversos que inibem temporariamente a germinação (Lacerda; Enéas Filho; Pinheiro, 2007).

Ao finalizar um teste de germinação, é possível observar que algumas sementes não germinam devido à presença de certas características fisiológicas ou estruturais, sendo a dormência uma das possíveis causas. Em diversas espécies, verifica-se que a dificuldade ou a restrição à absorção de água, provocada pela impermeabilidade do tegumento camada externa que protege o embrião pode ser um fator determinante para a não germinação imediata. Essa limitação à entrada de água, conforme apontado por Freitas *et al*. (2013), é um indicativo claro da presença de dormência nas sementes.

As Regras para Análise de Sementes (RAS) estabelecem diferentes métodos para a superação da dormência, classificados em fisiológicos e físicos. Os métodos fisiológicos compreendem práticas que visam estimular a germinação por meio de alterações no metabolismo da semente, como o armazenamento em ambientes secos por determinado período, o pré-resfriamento e o pré-aquecimento, a aplicação de substâncias como Nitrato de Potássio (KNO3) e Ácido Giberélico (GA3), a germinação em temperaturas mais baixas, a exposição à luz e o uso de envelopes de polietileno lacrados para controle da umidade.

Por outro lado, os métodos físicos têm como objetivo romper ou danificar mecanicamente o tegumento que impede a entrada de água e gases essenciais à germinação. Entre esses métodos, destacam-se a embebição em água, a escarificação mecânica que consiste no desgaste do tegumento com lixas ou outros materiais abrasivos e a escarificação química, geralmente realizada com Ácido Sulfúrico (H2SO4) concentrado, promovendo a quebra da impermeabilidade das sementes (BRASIL, 2009).

Ao relacionar a dormência com a temperatura, observa-se que, quanto maior o seu grau, mais restrita se torna a faixa térmica capaz de permitir a germinação. Em casos de dormência mais intensa, a germinação ocorre apenas em condições térmicas muito específicas e, em situações extremas, pode chegar a um estado de dormência absoluta, no qual a semente não germina sob nenhuma faixa de temperatura testada, independentemente das condições impostas (Ferreira; Borghetti, 2004).

A exigência de diferentes faixas de temperatura para a superação da dormência, que varia de acordo com cada espécie, torna inviável a padronização de uma temperatura única para promover a germinação. Diante dessa diversidade fisiológica, recomenda-se a adoção

da alternância de temperaturas como estratégia eficiente para romper a dormência e estimular a germinação de sementes de diferentes espécies (Brancalion; Novembre; Rodrigues, 2010).

Segundo Maciel, Silva e Landgraf (2010), as leguminosas, como a mucuna-preta, apresentam ampla diversidade quanto à forma, cor e tamanho de suas sementes.

De acordo com Musil (1997), citado por Maciel, Silva e Landgraf (2010), os tegumentos das sementes costumam ser espessos, duros e frequentemente impermeáveis à água, sendo essa impermeabilidade uma causa comum de dormência. Esse fenômeno é caracterizado pela incapacidade da semente germinar, mesmo quando exposta a condições ambientais favoráveis, conforme explicado por Baskin e Baskin (2014), citados por Queiroz *et al*. (2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

A condução dos experimentos foi realizada no Laboratório de Sementes e Fisiologia Vegetal da Universidade Federal da Fronteira Sul – *campus* Cerro Largo/RS no ano de 2025. Realizou-se a avaliação dos testes de germinação das seguintes espécies utilizadas como plantas de cobertura: crotalária juncea (*C. juncea* L.), milheto (*P. glaucum* (L.) R. Brown), nabo forrageiro (*R. sativus* L.) e mucuna-cinza (*M. pruriens* (L.) DCL.).

A dormência tegumentar das sementes de mucuna foi superada por meio da escarificação mecânica, que consiste em aplicar atrito manualmente no tegumento da semente com lixa de madeira nº 120 na região oposta ao hilo, provocando uma abertura parcial sem prejudicar o embrião (Queiroz; Medeiros; Nabinger, 2006) (Figura 1).

Figura 1- Escarificação mecânica manual das sementes de mucuna-cinza *(Mucuna cinerea*) com lixa n° 120.



Fonte: Autora (2025).

Os experimentos foram conduzidos, separadamente por espécie, em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema bifatorial 5x2, com quatro repetições. Cada repetição consistiu de 25 sementes, totalizando 1000 sementes por espécie. O fator A referese às diferentes temperaturas (8 °C, 16 °C, 24 °C, 32 °C e 40 °C), enquanto o fator D apresentou dois níveis: presença e ausência de luminosidade, com um fotoperíodo de 12 horas diárias de luz.

Em caixas tipo Gerbox previamente higienizadas com solução de 1% de hipoclorito de sódio (NaCLO), as sementes foram distribuídas de forma equidistantes sobre papel germitest, já embebido em água destilada em volume equivalente a 2,5 vezes a massa do papel, atendendo às recomendações das Regras para Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009). Em etapa

subsequente, as caixas foram acondicionadas de maneira inteiramente casualizadas em incubadora do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) (Figura 2). Para estabelecer uma condição de ausência de luz, foram utilizadas caixas gerbox opacas.

Figura 2- Higienização com NaCLO (A); Organização das 25 sementes sob papel umedecido (B); Acondicionamento das caixas gerbox em BOD (C).



Fonte: Autora (2025).

Foi realizada a contagem diária das sementes germinadas, sempre no mesmo horário aproximado, bem como a reorganização da disposição aleatória das caixas gerbox na câmara de germinação BOD, garantindo uma exposição uniforme à luz. Considerou-se germinada a semente que apresentasse radícula com, no mínimo, dois milímetros de comprimento (Hadas, 1976).

O índice de velocidade de germinação, segundo Maguire (1962), o (IVG) foi determinado a partir de contagens diárias de plântulas normais, iniciadas com o surgimento da primeira plântula e encerradas quando a germinação se estabilizou. O cálculo do IVG baseou-se na soma do número de plântulas normais observadas a cada dia, dividida pelo número de dias transcorridos até a estabilização da emergência, conforme a fórmula:

$$IVG = G1/N1+G2/N2+...+Gn/Nn$$

Onde: G_1, G_2, ( ) G_n correspondem ao número de plântulas normais germinadas em cada contagem realizada, desde a primeira até a estabilização, já, N_1, N_2,( ) N_n referem-se aos dias transcorridos desde a semeadura até cada contagem respectiva.

Em seguida, após a estabilização da germinação, entre três e cinco dias, foi realizado a medida individual do comprimento das plântulas utilizando-se um paquímetro digital com precisão de duas casas decimais em milímetro. Foram aferidos separadamente os comprimentos da radícula e da parte aérea, cujos valores foram posteriormente somados. Os resultados foram expressos em milímetros (Figura 3).

Figura 3- Medição do comprimento da radícula de *Pennisetum glaucum.*



Fonte: Autora (2025).

Os resultados foram submetidos sobre a análise de variância (ANOVA), com 5% de probabilidade por meio do software SISVAR®. Em casos de significância, procedeu-se a realização da análise de regressão.

Para identificar o ponto de máxima eficiência técnica (PMET) nas equações quadráticas, utilizou-se a fórmula x=−b/2ax = -b/2ax=−b/2a, enquanto nos polinômios de terceiro grau, o PMET foi obtido por meio da derivada da função e da determinação de suas raízes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CROTALÁRIA

Para a espécie de crotalária, a análise de variância (ANOVA) revelou uma interação significativa entre luminosidade e temperatura para alguns dos parâmetros analisados (Tabela 1). Em consequência, foram ajustadas regressões individuais para cada nível de luminosidade, considerando todas as variáveis estudadas. A temperatura influenciou significativamente todas as variáveis, enquanto a luminosidade afetou apenas o comprimento das plântulas.

A interação entre luminosidade e temperatura foi significativa para germinação e comprimento, mas não para o IVG. O coeficiente de variação indica que os dados de IVG e comprimento apresentaram alta variabilidade, evidenciando a sensibilidade desses ensaios a fatores ambientais e a necessidade de cautela na interpretação dos resultados referentes a interação entre temperatura e luz.

Tabela 1. Valores de p-valor e coeficiente de variação (CV) da ANOVA para as variáveis luminosidade e temperatura e sua interação, na germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes e comprimento de plântulas de crotalária.

Variável	Germinação	IVG	Comprimento
Luminosidade	0,805	0,665	0,017*
Temperatura	<0,001*	<0,001*	<0,001*
Interação	0,006	0,184	0,016*
CV (%)	31,16	76,82	85,03

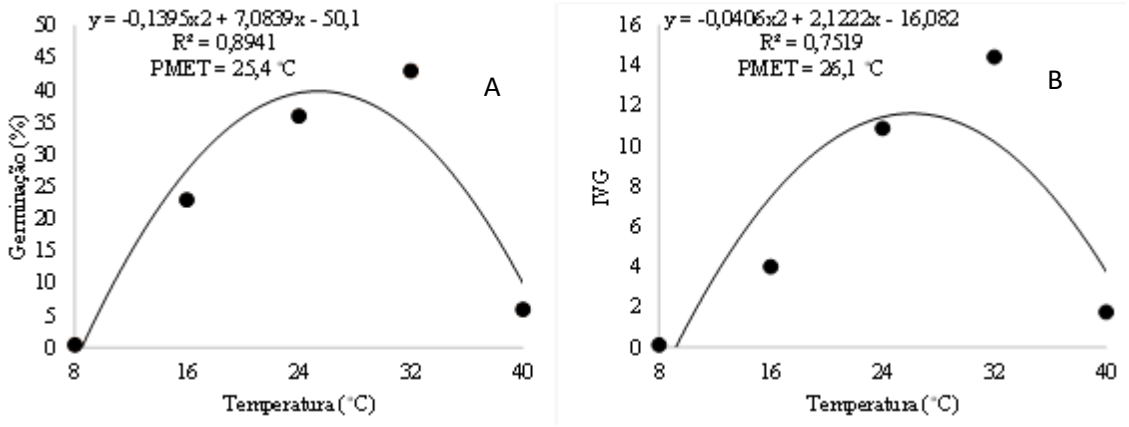
* Significativo a 5% de probabilidade de erro.

A análise estatística demonstrou que tanto a temperatura quanto sua interação com a luminosidade afetam significativamente a germinação e o crescimento inicial das plântulas (Figura 4). Estudos de Peixoto (2007) e Nóbrega *et al.* (2022) confirmam que a faixa de 25– 30 °C, especialmente na presença de luz, é a mais adequada para a germinação. Além disso, a luz potencializa os efeitos térmicos sobre o comprimento das plântulas, enquanto a velocidade de germinação (IVG) se mostra menos dependente do fator luminoso sob temperaturas ótimas.

A germinação e o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes de *Crotalaria juncea* apresentaram comportamento quadrático em função da temperatura

(Figura 4). Observou-se que tanto a porcentagem final de germinação quanto o IVG aumentaram progressivamente até determinada faixa térmica, reduzindo-se em temperaturas mais baixas e mais elevadas.

Figura 4- Efeito da temperatura na germinação (A) e no índice de velocidade de germinação (IVG) (B) de sementes de *Crotalaria juncea.*



Fonte: Autora (2025).

O ponto de máxima eficiência técnica (PMET) para a germinação foi de 25,4 °C, enquanto para o IVG foi de 26,1 °C, indicando que essa faixa de temperatura é a mais adequada para o processo germinativo da espécie. Já em valores extremos, como 8 °C e 40 °C, ocorreram reduções acentuadas, evidenciando que condições de frio ou calor excessivo comprometem significativamente tanto a germinação quanto a velocidade do processo.

A temperatura exerce efeito determinante sobre a germinação, sendo observados valores máximos de germinação de 98,7% a 28,3 °C e um IVG máximo de 0,83 a 33,7 °C, enquanto temperaturas mais baixas, como 15 °C, reduziram significativamente a germinação (73%) e o IVG, e temperaturas abaixo de 10 °C inibiram completamente o processo (Araújo, 2015; Dospekhov, 2024). Esses resultados indicam que a espécie apresenta adaptação a climas tropicais, evidenciando que a faixa ótima de temperatura para o estabelecimento inicial é relativamente estreita, sendo necessária atenção ao controle ambiental para o sucesso germinativo (Dospekhov, 2024).

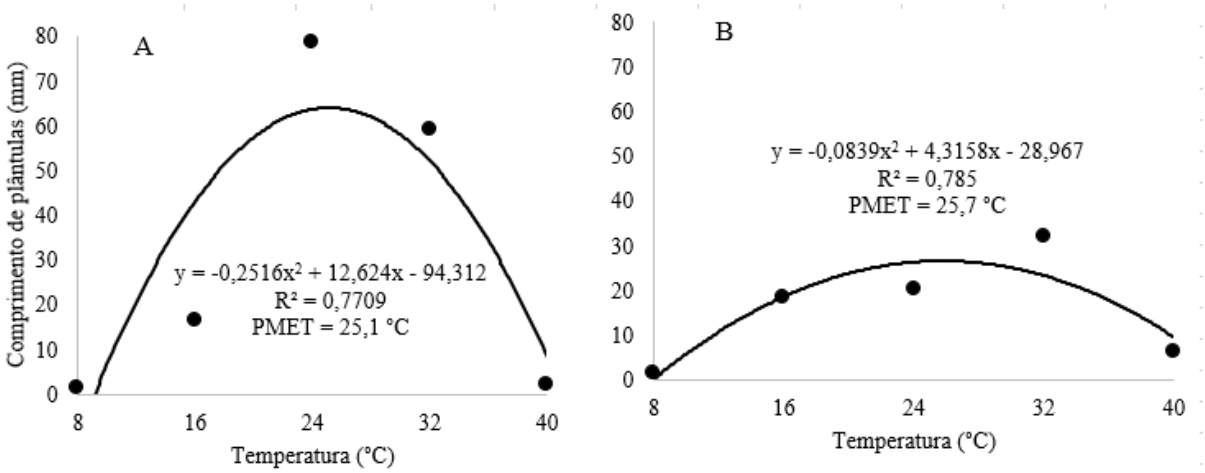
O IVG é utilizado para avaliar o vigor de um lote de sementes, mensurando a rapidez de emergência das plântulas; assim, quanto mais acelerada for essa emergência, maior será o vigor do lote (Oliveira *et al*., 2009). De acordo com Marcos Filho (2015), a temperatura ideal para a germinação varia entre espécies e está relacionada à sua distribuição geográfica.

Alterações de temperatura impactam a velocidade, a porcentagem e a uniformidade da germinação, sendo considerada ótima aquela que resulta na melhor combinação entre velocidade e germinação final. Embora a temperatura seja o fator mais influente, outros aspectos, como umidade do substrato, qualidade das sementes e exposição à luz, também afetam a germinação, sendo recomendável considerar a interação desses fatores para otimizar o desempenho germinativo de *C. juncea* (Araújo, 2015; Dospekhov, 2024).

A Figura 5, demonstra que, na ausência de luminosidade, as plântulas de crotalária apresentaram maior comprimento, com máximo desempenho em torno de 25 °C. Já sob luz, o crescimento foi limitado, mesmo em temperatura próxima da faixa considerada ótima. Esses resultados corroboram com o estudo de Nóbrega *et al.* (2022), que avaliaram aspectos fisiológicos e de germinabilidade de *Crotalaria spectabilis* sob condições de estresse de temperatura e falta de umidade, observando que os tratamentos de 25 °C e 30 °C apresentaram os melhores resultados em todas as variáveis analisadas.

Segundo os mesmos autores, a espécie apresenta maior desempenho fisiológico e germinativo nessas faixas de temperatura, mesmo sob condições de estresse hídrico, sugerindo que a faixa térmica ótima para o desenvolvimento inicial é relativamente estreita.

Figura 5 – Comprimento de plântulas de *Crotalaria juncea* em função da temperatura, avaliadas sob ausência (A) e presença (B) de luminosidade.



Fonte: Autora (2025).

A baixa germinabilidade de *C. juncea* em tratamentos com fotoperíodo inferior a 40% pode ser explicada como uma característica natural de plantas do gênero *Crotalaria*. Em estudo conduzido por Silva, Masetto e Rocha (2024), sementes de *Crotalaria ochroleuca* e *Crotalaria spectabilis* foram submetidas a diferentes doses de ácido giberélico (GA3) e

comparadas às testemunhas sem tratamento, avaliando-se, entre outros parâmetros, o índice de plântulas normais.

Provavelmente ocorreu estiolamento nas plântulas de *C. juncea* cultivadas sem luminosidade, caracterizado pelo alongamento do hipocótilo e pela coloração amarelada, devido à ausência de síntese de clorofila. Segundo Taiz *et al*., (2017), plântulas desenvolvidas no escuro apresentam hipocótilos longos, cotilédones próximos, folhas não expandidas e de cor amarela pálida, já que os pró-plastídios ainda não realizam fotossíntese. Esse alongamento é uma resposta fisiológica da planta para tentar alcançar rapidamente a luz, comportamento conhecido como escotomorfogênese, enquanto o desenvolvimento sob luz é chamado de fotomorfogênese.

Durante a escotomorfogênese, a ausência de luz mantém o fitocromo na forma inativa, o que aumenta a ação das giberelinas e dos brassinosteroides, hormônios que promovem o alongamento celular. Assim, o crescimento no escuro é acelerado, mas com pouca diferenciação dos tecidos, resultando em plântulas longas e frágeis. Já sob luminosidade ocorre o contrário: o alongamento do hipocótilo é inibido, os cotilédones se abrem e inicia-se a produção de pigmentos fotossintéticos, caracterizando o desenvolvimento fotomorfogênico (Taiz *et al*., 2017).

4.2 MILHETO

A temperatura demonstrou ser o principal fator regulador na germinação do milheto (Tabela 2), apresentando efeito altamente significativo em todas as variáveis analisadas: germinação total, IVG (Índice de Velocidade de Germinação) e comprimento das plântulas ($p < 0,001$). Esse resultado reforça seu papel nos processos metabólicos da semente, como a ativação de enzimas e a mobilização de reservas.

O efeito da temperatura está diretamente relacionado à fisiologia de sementes, uma vez que esta é essencial para a superação da dormência, a ativação metabólica e a mobilização de reservas (Bewley *et al*., 2013). Dessa forma, a definição de condições térmicas adequadas durante a incubação mostra-se fundamental para maximizar tanto o percentual quanto a velocidade de germinação das sementes de milheto.

O efeito da luminosidade, embora não significativo para a germinação final, apresentou influência relevante sobre o IVG e o desenvolvimento inicial das plântulas. Esses resultados indicam que, no caso do milheto, a presença de luz é indispensável para iniciar a germinação, mas atua como um fator que otimiza a velocidade do processo e

favorece o vigor inicial (Marcos, 2015). A ausência de efeito significativo sobre a germinação final, aliada à significância observada no IVG, demonstra que as sementes germinam independentemente da luz, mas sua exposição acelera a resposta fisiológica nos primeiros estágios de desenvolvimento.

Tabela 2. Valores de p-valor e coeficiente de variação (CV) da ANOVA para as variáveis luminosidade e temperatura e sua interação, na germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes e comprimento de plântulas de milheto.

Variável	Germinação	IVG	Comprimento
Luminosidade	0,053	<0,001*	<0,001*
Temperatura	<0,001*	<0,001*	<0,001*
Interação	0,802	0,419	0,025*
CV (%)	10,42	23,42	28,32

* Significativo a 5% de probabilidade de erro.

Além disso, a interação significativa entre luminosidade e temperatura, observada no comprimento das plântulas, é de grande importância. Esse resultado indica que o efeito da luz sobre o crescimento inicial não ocorre de forma isolada, mas depende das condições térmicas do ambiente. Assim, a luminosidade pode influenciar o crescimento das plântulas em função da temperatura, adaptando-se à faixa mais adequada para o desenvolvimento. Em estudos fisiológicos, Bradford (1990) já destacava que a interação entre fatores ambientais estimula a germinação e o crescimento por meio de processos externos. Nessa perspectiva, em temperaturas ideais, a luz pode potencializar o crescimento, enquanto em condições abaixo do ideal, seu impacto tende a ser reduzido ou até mesmo inibido.

De acordo com a figura 6, a temperatura exerce efeito determinante sobre a germinação e o IVG do milheto, com valores máximos estimados de 28,3 °C para o percentual de germinação, 33,7 °C para o IVG sem luminosidade e 35,1 °C para o IVG com luminosidade. Após a faixa de temperatura ideal, observa-se redução tanto na porcentagem quanto na velocidade de germinação.

Embora a germinação apresente relativa estabilidade em ampla faixa de temperaturas, incluindo valores mais baixos (8 ºC), o efeito da temperatura sobre o IVG é mais evidente, sendo este mais elevado na ausência de luz. Dessa forma, a germinação de sementes de milheto foi diretamente influenciada pela temperatura, atingindo maior percentual em torno de 28 °C, enquanto a velocidade de germinação (IVG) foi favorecida

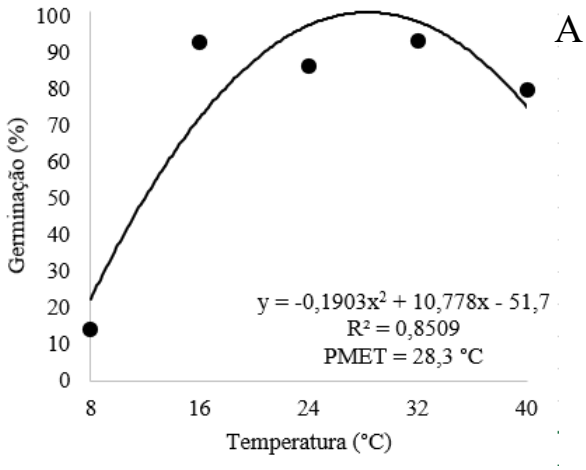
em temperaturas próximas de 34– 35 °C, variando conforme a presença ou ausência de luminosidade.

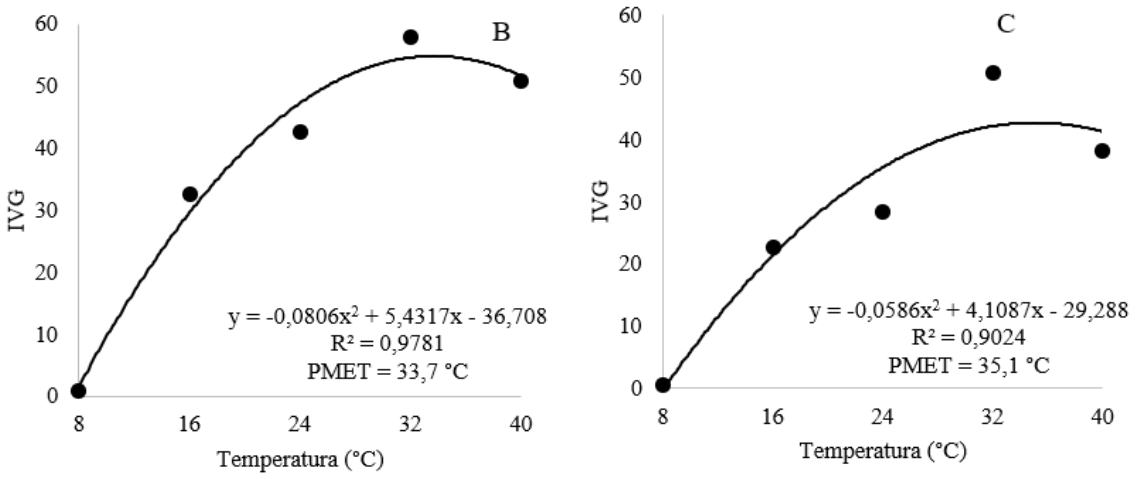
Esses resultados são consistentes com Carvalho e Nakagawa (2012), que destacam a faixa ótima de 25–35 °C para gramíneas tropicais, como o milheto. Quanto à influência da luminosidade, observa-se que a menor velocidade de germinação na presença de luz, embora menos determinante, sugere que a luminosidade atua como fator regulador da velocidade de germinação.

Esse fenômeno está em consonância com a fisiologia de sementes apresentada por Bewley *et al.* (2013), os quais destacam o fotoblastismo como um mecanismo crucial para a germinação. A detecção da luz por sementes fotossensíveis, por meio de fotorreceptores como o fitocromo, modula as vias de sinalização hormonal, influenciando a síntese de giberelinas (promotoras da germinação) e de ácido abscísico (inibidor). Assim, a resposta da semente à luz pode inibir ou promover a germinação, dependendo da espécie e de suas adaptações ecológicas.

De acordo com Taiz et al. (2017), a luz, através do sistema do fitocromo, controla a expressão de genes que ativam a germinação, o que pode explicar por que o milheto apresentou germinação mais lenta quando exposto à luminosidade, indicando um possível efeito de inibição. Além disso, o uso do IVG como indicador da velocidade e da uniformidade de emergência é amplamente recomendado, conforme argumentado por Ranal e Santana (2006). Ressalta-se ainda que a temperatura exerce papel fundamental na uniformidade e no vigor inicial, conforme enfatizado por Marcos-Filho (2015).

Figura 6 – Efeito da temperatura na germinação (%) (A) e no índice de velocidade de germinação (IVG) (B) de sementes de plantas de cobertura de milheto, avaliados sob condições de ausência e presença de luminosidade (C).





Fonte: Autora (2025).

O comprimento das plântulas de milheto aumentou até temperaturas próximas de 28 °C na ausência de luminosidade e 27,6 °C na presença de luminosidade, diminuindo em condições mais altas (acima de 32 °C) ou mais baixas (cerca de 8 °C). Esses resultados indicam que o melhor crescimento ocorre em uma faixa intermediária de temperatura.

Conforme mostrado na Figura 7, o crescimento inicial das plântulas de milheto é influenciado pela temperatura em diferentes condições de luz. O desenvolvimento inicial segue um padrão esperado, no qual a temperatura exerce papel fundamental na regulação do processo.

Em ambos os gráficos, o alongamento das plântulas apresentou ponto de máximo crescimento em torno de 28 °C. Essa relação está associada à dependência das reações metabólicas e enzimáticas em relação à temperatura. Em condições abaixo ou acima da faixa ótima, a atividade enzimática e a organização celular são comprometidas, resultando em menor crescimento. Esse comportamento está de acordo com Baskin & Baskin (2014), que destacam a existência de uma temperatura ideal para o estabelecimento de plântulas, essencial para otimizar o metabolismo e a eficiência energética.

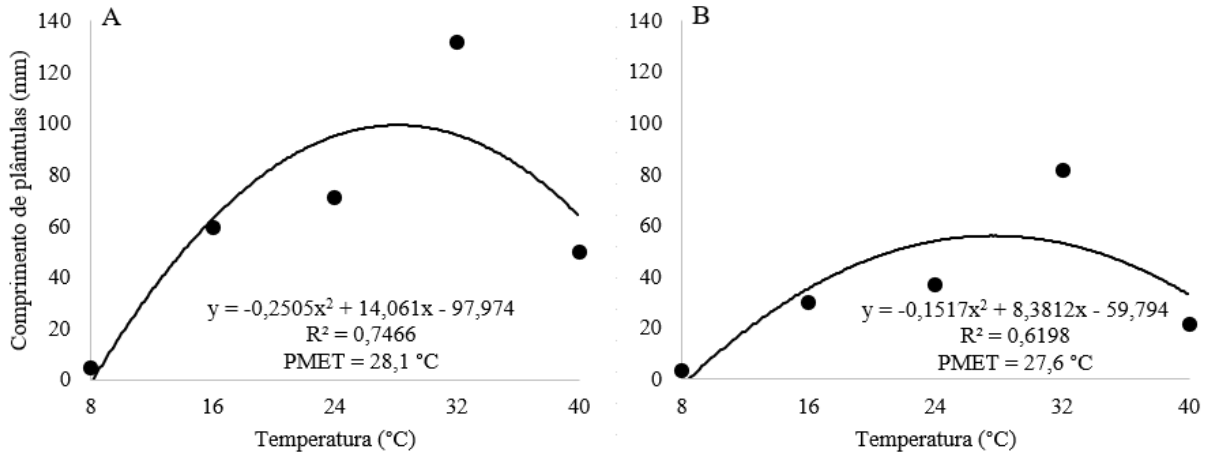
De acordo com Taiz *et al*., (2017), a luminosidade apresenta um efeito marcante: plântulas desenvolvidas na ausência de luz alcançaram crescimento próximo de 130 mm, enquanto na presença de luz o crescimento foi de cerca de 80 mm. Esse fenômeno, conhecido como estiolamento, é uma estratégia de sobrevivência em que a plântula prioriza o alongamento do caule para alcançar a luz, utilizando as reservas da semente como fonte de energia.

A presença de luz, por sua vez, inibiu o alongamento excessivo, promovendo um crescimento mais compacto e robusto. Esse processo é regulado por fotorreceptores, como

o fitocromo, que detectam a luz e desencadeiam sinais responsáveis por modificar o desenvolvimento da plântula. Nesse sentido, Casal & Candela (2018) destacam que a luz desativa os mecanismos de estiolamento e direciona a energia para a formação de folhas e tecidos de suporte, preparando a plântula para a fotossíntese e para o metabolismo autotrófico.

Por fim, a diferença de 0,5°C na temperatura ótima de crescimento entre as duas condições de luminosidade (28,1 °C no escuro e 27,6 °C na luz) reforça a complexidade das interações entre fatores ambientais, evidenciando que o efeito da temperatura sobre o crescimento é modulado pela presença de luz.

Figura 7- Comprimento de plântulas de milheto, em função da temperatura, avaliados sob condições de ausência (A) e presença (B) de luminosidade.



Fonte: Autora (2025).

4.3 MUCUNA-CINZA

A análise de variância (Tabela 3) demonstrou que a temperatura foi o principal fator ambiental, influenciando significativamente todas as variáveis analisadas (germinação, IVG e comprimento de plântulas).

Esses resultados corroboram os de Wutke *et al.* (1995), que verificaram aumento expressivo da germinação de sementes de *Mucuna aterrima* submetidas ao tratamento térmico em estufa a 55 °C por 16 a 24 horas, condição que promoveu a superação da dormência e resultou em maior percentual de emergência

Os autores destacaram que temperaturas mais baixas (35–45 °C) não foram suficientes para induzir mudanças expressivas, reforçando a importância do fator térmico na regulação da germinação dessa espécie.

Tabela 3. Valores de p-valor e coeficiente de variação (CV) da ANOVA para as variáveis luminosidade e temperatura e sua interação, na germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes e comprimento de plântulas de mucuna-cinza.

Variável	Germinação	IVG	Comprimento
Luminosidade	0,335	0,045*	0,893
Temperatura	<0,001*	<0,001*	<0,001*
Interação	0,304	0,439	0,200
CV (%)	11,07	18,51	21,30

* Significativo a 5% de probabilidade de erro.

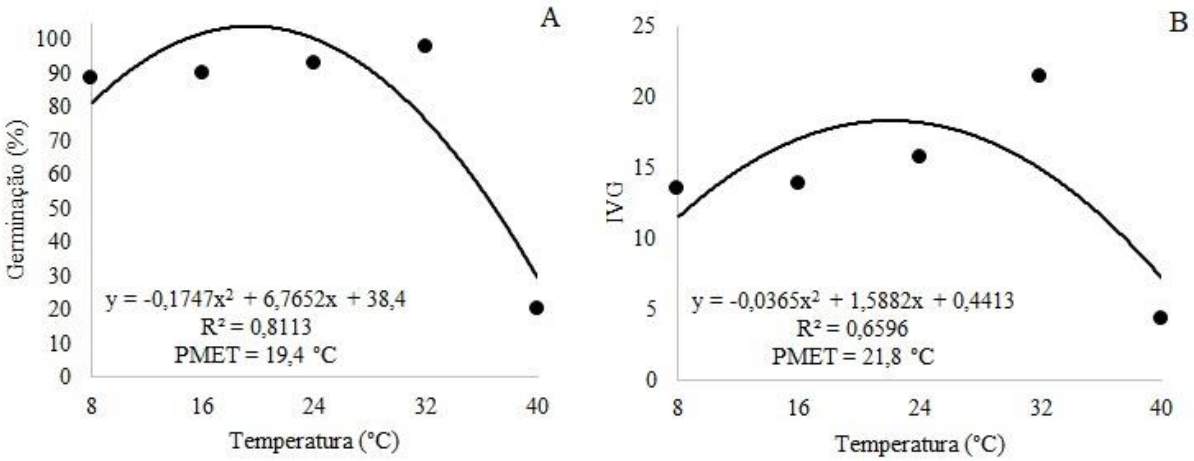
Observou-se, ainda, que a luminosidade não exerceu efeito significativo sobre a germinação e o comprimento das plântulas, mas apresentou influência sobre o IVG (Tabela 3). Resultados semelhantes foram relatados por Chen *et al.* (2020), que, ao avaliar diferentes intensidades de radiação fotossinteticamente ativa (180, 450 e 900 μmol m^{-2} s^{-1}) em espécies leguminosas de cobertura, incluindo mucuna preta (*Mucuna aterrima)* e Mucuna ana (*Mucuna deeringiana* (Bort.) Merr. constataram que a disponibilidade de luz esteve mais associada à velocidade de crescimento inicial e ao vigor fisiológico das plântulas do que à germinação em si. Sendo assim, estudos sobre esse assunto ajudam a explicar o fato de a luminosidade ter afetado apenas a velocidade de emergência das sementes no presente estudo.

A interação entre temperatura e luminosidade não foi significativa para nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 3), indicando que os efeitos desses fatores atuaram de forma independente sobre o processo germinativo. Situação semelhante foi relatada por Hastuti *et al.* (2024), ao testarem tratamentos mecânicos e químicos para a superação de dormência em sementes de *Mucuna bracteata*. Embora o estudo também tenha envolvido a aplicação de fungicida, a análise de variância demonstrou que a resposta germinativa esteve fortemente associada ao tipo de tratamento aplicado, sem interação marcante com outras variáveis ambientais. Os autores observaram que a combinação de escarificação mecânica com fungicida resultou em germinação de até 88% e tempo médio de germinação de 4,25 dias, evidenciando que, em mucuna, fatores primários isolados costumam ser determinantes na expressão do potencial germinativo.

A partir da figura 8, pode-se notar que, para o intervalo de 8 a 32 °C, há um leve aumento gradual do percentual de germinação, seguido por uma redução acentuada em 40 °C. No caso do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de mucuna cinza, observou-se

que, no ambiente sem luz, as plântulas apresentaram crescimento regular, com melhor desempenho de 21,8 °C. Já no ambiente com luz, o comportamento foi semelhante, apresentando melhor temperatura para IVG em 22,3 °C.

Figura 8- Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (A), (IVG) de sementes de mucuna-cinza em diferentes temperaturas (B).



Fonte: Autora (2025).

A curva de germinação em função da temperatura apresentou comportamento parabólico, com aumento progressivo da germinação a partir de temperaturas mais baixas, atingindo um pico em torno de 19° a 25 °C, seguido de queda acentuada em temperaturas mais elevadas.

Os resultados obtidos corroboram ainda com as observações de Wutke *et al*. (1995), que verificaram que a permeabilidade do tegumento de sementes de mucuna pode ser alterada por determinadas condições térmicas, favorecendo a germinação. Contudo, temperaturas muito altas ou prolongadas não promovem benefícios adicionais e podem até prejudicar o processo, reforçando que o desempenho térmico intermediário é mais eficiente.

Quanto ao IVG, observou-se comportamento semelhante, com valores máximos em temperaturas médias (cerca de 20 a 25 °C) e redução abaixo desse intervalo. Esse resultado é coerente com outros estudos que indicam maior velocidade de germinação quando a temperatura está próxima da faixa ótima, e menor quando abaixo ou acima dela.

De acordo com Wutke (1995) demonstra que a baixa germinação de *Mucuna* decorre principalmente da elevada impermeabilidade do tegumento, o que restringe a embebição em temperaturas moderadas, como **20 °C**, onde a germinação não ultrapassa **10%**. Os autores verificaram que o aumento da temperatura para **30–35 °C** intensifica a

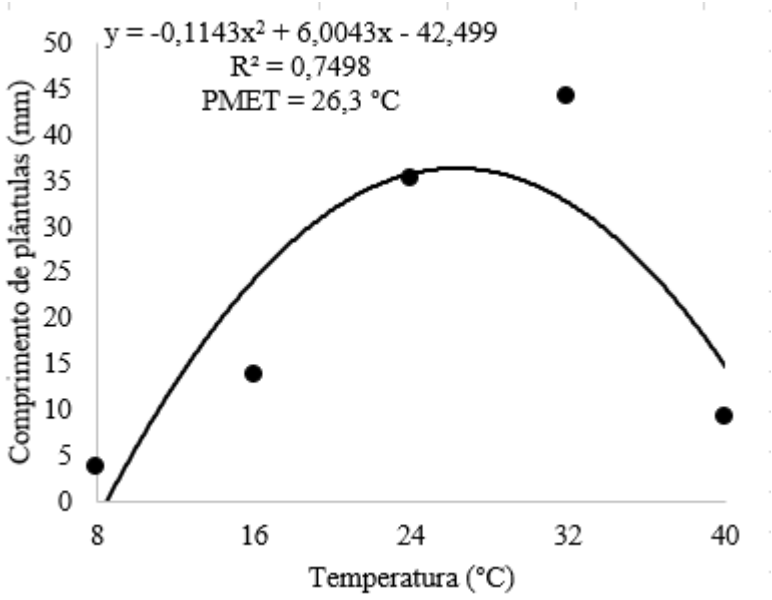
permeabilidade do tegumento e reduz a expressão da dormência física, resultando em maior velocidade e uniformidade na germinação. Esses achados reforçam que a resposta germinativa da mucuna é altamente dependente da temperatura, o que justifica o comportamento observado no IVG e na porcentagem de germinação deste estudo (Wutke *et*., 1995).

A análise do crescimento de plântulas de mucuna-cinza em diferentes temperaturas revelou um padrão de resposta quadrática. Conforme a Figura 9, o comprimento médio das plântulas aumentou progressivamente até atingir o ponto de máxima eficiência em 26,3 °**C**, a qual corresponde à temperatura ótima para o seu desenvolvimento inicial. Em temperaturas abaixo de 16 °C e acima de 32 °C, o crescimento das plântulas foi significativamente reduzido, demonstrando que as condições térmicas extremas limitam o desenvolvimento da espécie.

O coeficiente de determinação (R^2) de 0,7498 indica que o modelo de regressão polinomial explica aproximadamente 75% da variação no comprimento das plântulas em função da temperatura.

Figura 9- Comprimento de plântulas de mucuna-cinza em diferentes temperaturas.

.



Fonte: Autora (2025).

A resposta fenológica da mucuna-cinza à temperatura observada neste estudo está alinhada com as descobertas de outros pesquisadores sobre o desenvolvimento de leguminosas. De acordo com Souza (2018), a germinação e a fase inicial de crescimento de espécies do gênero *Mucuna* são altamente sensíveis a variações térmicas, com temperaturas fora da faixa ótima podendo levar a um menor vigor das plântulas. A redução

do crescimento em temperaturas elevadas, como as observadas em 40 °C, pode ser atribuída ao estresse térmico, que afeta processos metabólicos essenciais, como a fotossíntese e a assimilação de nutrientes, comprometendo a alocação de energia para o crescimento radicular e caulinar (SILVA, 2020).

4.4 NABO FORRAGEIRO

A luz e a temperatura influenciaram de forma significativa a germinação, a velocidade de germinação (IVG) e o crescimento das plântulas. A interação significativa entre esses dois fatores indica que eles não agem de forma isolada, mas sim que o efeito de um depende do outro (Tabela 4).

Tabela 4- Valores de p-valor e coeficiente de variação (CV) da ANOVA para as variáveis luminosidade e temperatura e sua interação, na germinação e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de sementes e comprimento de plântulas de Nabo-Forrageiro.

Variável	Germinação	IVG	Comprimento
Luminosidade	<0,001*	<0,001*	<0,001*
Temperatura	<0,001*	<0,001*	<0,001*
Interação	0,035*	0,016*	0,030*
CV (%)	12,22	23,71	18,15

* Significativo a 5% de probabilidade de erro.

Observa-se que tanto a temperatura quanto a luminosidade, bem como a interação entre esses fatores, exercem influência significativa sobre a germinação, já o IVG e o crescimento das plântulas, são resultados que se alinham com os resultados já descritos para outras espécies da família Brassicaceae (Ranal; Santana, 2006).

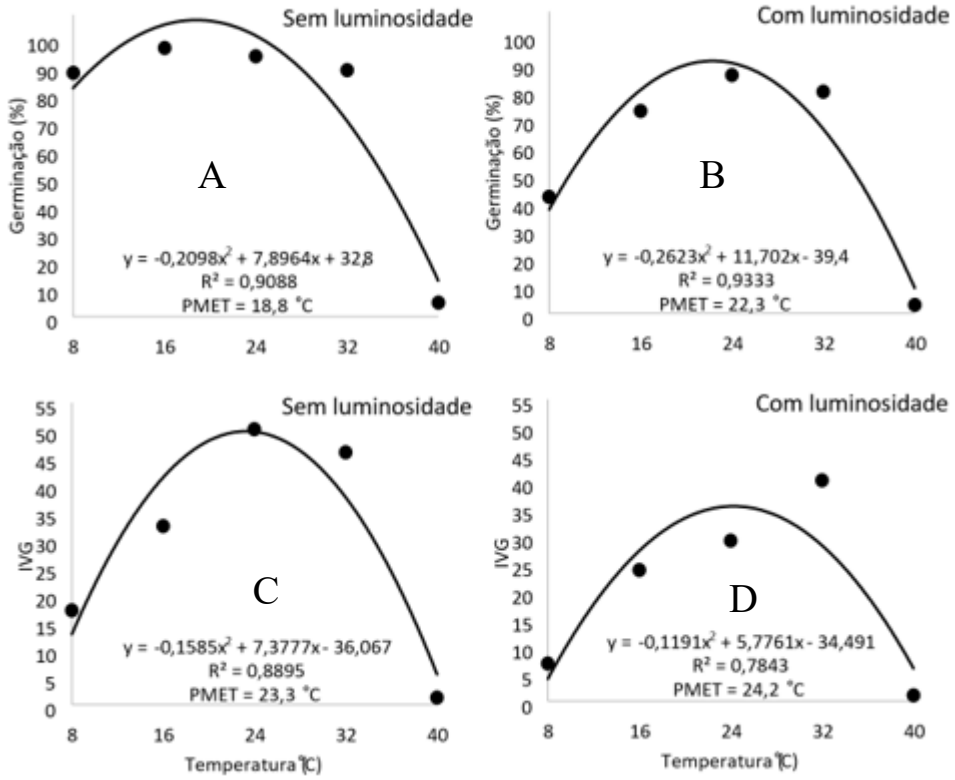
Embora o nabo-forrageiro seja uma planta de cobertura amplamente utilizada, ainda existem poucos estudos que abordam como fatores ambientais, como luz e temperatura, afetam sua germinação e o desenvolvimento inicial.

A maioria dos trabalhos disponíveis concentra-se em outras espécies da família Brassicaceae, como canola, rabanete e mostarda. Apesar de apresentarem características fisiológicas semelhantes, essas espécies não representam diretamente o comportamento do nabo-forrageiro (Malik et al., 2010; Sghaier et al., 2022).

Conforme a Figura 10, a germinação do nabo-forrageiro depende da temperatura. À medida que a temperatura aumenta, a taxa de germinação também cresce até atingir um ponto

ideal, após o qual ocorre uma queda acentuada. Na condição sem luminosidade, a porcentagem de germinação atingiu seu máximo próximo a 18,8 °C, com taxa próxima a 100%. Entretanto, em temperaturas muito baixas ou muito elevadas, a germinação foi drasticamente reduzida.

Figura 10- Porcentagem de germinação (A, B) e índice de velocidade de germinação (IVG) (C, D), de sementes de nabo-forrageiro em função da temperatura, sob condições com e sem luminosidade.



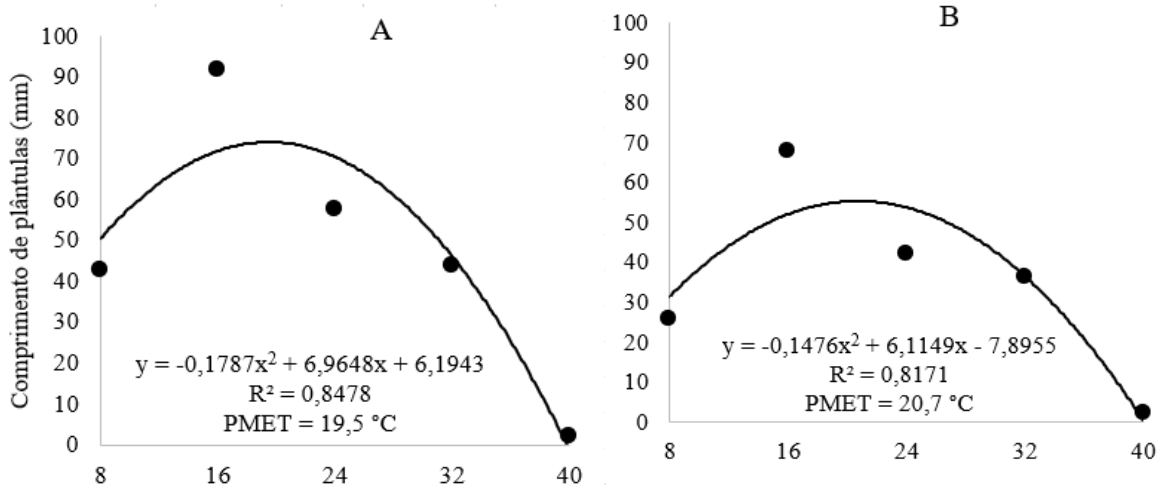
Fonte: Autora (2025).

Já na condição com luminosidade, a germinação apresentou uma faixa intermediária em relação à temperatura. O ponto de máxima eficiência técnica (PMET) foi de 22,3 °C, com taxa de germinação próxima a 100%. Isso indica que a presença de luz pode deslocar a temperatura ideal de germinação para valores mais elevados. Em ambas as condições, contudo, a germinação foi favorecida por temperaturas amenas e mostrou-se bastante sensível a extremos térmicos, comportamento comum em Brassicaceae, em razão de danos metabólicos e estruturais (Malik *et al*., 2010).

Com relação ao IVG observa-se que na ausência de luz, o PMET foi de 23,3 °C, sugerindo que a temperatura ideal para velocidade de germinação é um pouco mais elevada que a temperatura ideal para a porcentagem total de germinação. Já na presença de luz, o

IVG máximo foi de 24,2 °C, valor superior ao registrado na ausência de luminosidade. Isso reforça a observação de que a luz favorece a germinação em temperaturas mais altas no ambiente sem luminosidade, o comprimento das plântulas alcançou seu valor máximo na temperatura de 19,5 °C (Figura 11), conforme indicado pelo Ponto Máxima eficiência técnica (PMET). Fora dessa faixa, o crescimento foi reduzido, com queda mais acentuada a partir de 32 °C. Essa sensibilidade às variações térmicas reflete o vigor das sementes, ou seja, sua capacidade de crescimento inicial (Ranal & Santana, 2006; Nery *et al*., 2009).

Figura 11- Comprimento das plântulas de nabo-forrageiro sob variação de temperatura, condições de ausência e presença de luminosidade.



Fonte: Autora (2025).

De forma semelhante, em condições com luz, o comprimento de plântulas apresentou o ponto máximo próximo a 20,7 °C, considerado a temperatura ideal para esse parâmetro. Valores acima ou abaixo dessa faixa reduziram o crescimento, com queda expressiva a partir de 32 °C. Essa resposta reforça a importância do vigor das sementes para o desenvolvimento inicial (Ranal & Santana, 2006; Nery *et al*., 2009).

A análise dos resultados indica que a presença de luz promove um deslocamento da temperatura ideal para o crescimento das plântulas, movendo-a para uma faixa mais elevada. Esse resultado confirma que luz e temperatura atuam de forma conjunta, favorecendo tanto a germinação quanto o crescimento inicial das plantas (Malik & Norsworthy, 2010; Vercellino & Pandolfo, 2016).

A suscetibilidade do nabo-forrageiro a temperaturas extremas é uma característica comum às espécies da família Brassicaceae. O crescimento das plântulas é severamente comprometido fora da faixa ideal, devido a danos metabólicos e à desorganização celular em

condições desfavoráveis (Oliveira *et al.,* 2014). Portanto, os dados demonstram que a temperatura é um fator determinante para o vigor e o crescimento inicial das plântulas, enquanto a luminosidade atua como reguladora, ajustando a faixa de temperatura ideal para esses processos.

5 CONSIDERAÇOES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a temperatura e a luminosidade são fatores determinantes para a germinação e o desenvolvimento inicial das espécies de plantas de cobertura avaliadas, exercendo efeitos distintos conforme as características fisiológicas de cada espécie.

De forma geral, as espécies apresentaram melhor germinação entre 25 e 30 °C, enquanto temperaturas extremas reduziram o vigor e a velocidade de emergência das plântulas. A luminosidade, por sua vez, mostrou-se um fator modulador importante, atuando de maneira diferenciada conforme a exigência fotoblástica das sementes, estimulando ou inibindo a germinação dependendo da espécie.

A *C. juncea* apresentou maior sensibilidade às variações térmicas, com germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) máximos em torno de 25 a 26 °C, e melhor desenvolvimento em condições de luminosidade reduzida.

No milhetp (*P. glaucum*), a temperatura também se destacou como principal variável, apresentando germinação máxima próxima a 28 °C e IVG mais elevado entre 33 e 35 °C.

A Mucuna-cinza (*M. pruriens*) teve sua germinação influenciada principalmente pela temperatura, enquanto a luminosidade interferiu de forma significativa apenas na velocidade de germinação.

Para o nabo-forrageiro (*R. sativus* var. *oleiferus*), observou-se forte dependência entre luz e temperatura, com germinação máxima em torno de 18,8 °C na ausência de luminosidade e 22,3 °C na presença de luz.

Os resultados deste trabalho corroboram que o ajuste adequado da temperatura e da luminosidade é essencial para otimizar a germinação e o estabelecimento inicial das plantas de cobertura, contribuindo para sistemas agrícolas mais eficientes e sustentáveis

6 REFERENCIAS

ADAMS, G. A. **Influência de diferentes tipos de plantas sobre a estrutura do solo em plantio direto**. 2016. Dissertação (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, RS, 2016.

AITA, C. et al. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto: IDinâmica do nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 739-749, 2004.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 601-612, 2003.

ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-26, fev. 2001. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/485005/plantas-de-cobertura-desolo-para-sistema-plantio-direto. Acesso em: 15 ago. 2025.

AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. de; DUARTE, J. B.; FANCELLI, A. L. Efeito de época de semeadura na fisiologia e produção de fitomassa de leguminosas nos Cerrados da região do Mato Grosso de Goiás. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2/3, p. 296-303, 1996.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.

ARAÚJO, C. T. A. da C.-S. Allelopathy of *Crotalaria juncea* L. Aqueous Extracts on Maize Seed Germination. **IDESIA** (Chile), v. 33, n. 1, p. 3–10, 2015. Disponível em: https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v33n1/art03.pdf. Acesso em: 15 ago. 2025.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Sementes: Ecologia, Biogeografia e Evolução da Dormência e Germinação**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2014.

BATLLA, D.; ARNOLD, R. L. B. A framework for the interpretation of temperature effects on dormancy and germination in seed populations showing dormancy. **Seed Science Research**, p. 1-12, 2015. DOI: https://doi.org/10.1017/S0960258514000452. Acesso em: 15 ago. 2025.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of Development and Germination**. 2. ed. New York: Springer Science & Business Media, 1943.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination.** 2nd ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K.; HILHORST, H.; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2013.

BRADFORD, K. J. Um modelo baseado no potencial hídrico para a cinética de germinação de sementes. **Plant Physiology**, Rockville, v. 94, n. 3, p. 841-850, 1990.

BRANCALION, P. H. S.; NOVEMBRE, A. D. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 15-21, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Coordenação Geral de Apoio Laboratorial. Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 399 p.

Braz, A. J. P., Rosolem, C. A., & Büll, L. T. (2004). **Culturas de cobertura e manejo de nitrogênio afetando a produtividade do milho em plantio direto**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(1), 115-121.

BURLE, M. L.; CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F.; PEREIRA, J. Caracterização das espécies de adubo verde. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (eds). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 113–121.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995.

CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno no sudoeste do Paraná**. Londrina: Iapar, 1990. 37 p. (Boletim Técnico, 35).

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Caracterização das principais espécies de adubos verdes. In: COSTA, M. B. B. da. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993, p. 206-319.

CANOSSA, et al. Temperatura e luz na germinação das sementes de *Alternanthera tenella*. **Planta Daninha**, v. 26, p. 745-750, 2008.

CARVALHO, A. M. de et al. Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura sob manejo na floração e maturação. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Cerrados, 15 p., 2011.

CARVALHO, M. L.; N. et al. **Guia Prático de plantas de Cobertura**. Piracicaba: ESALQ, 2022.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CASSOL, C. **Plantas de cobertura e adubação nitrogenada como fonte de nitrogênio à cultura do milho em plantio direto**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

CASAL, J. J., & Candela, H. (2018). **The interplay of light and temperature in plant development.** *Current Opinion in Plant Biology*, 41, 1-8.

CHEN, W. et al. Light intensity effects on the growth, physiological and nutritional parameters of tropical perennial legume cover crops. **Agronomy**, Basel, v. 10, n. 10, p. 1515, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy10101515. Acesso em: 15 ago. 2025.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 161-168, 2005.

CRUZ, A. F.; MARTINS, M. A. Transferência de nitrogênio entre plantas interconectadas por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 559-565, 1997.

DOSPEKHOV, B. A. Effect of Sowing Time and Rate on Growth, Development and

Productivity of *Crotalaria juncea* L. **BIO Web of Conferences**, v. 82, p. 05029, 2024.

Disponível em:

https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/pdf/2024/01/bioconf_msnbas2024_05029.pdf. Acesso em: 15 ago. 2025.

ELHAKEEM, A. et al. Cover crop mixtures result in a positive net biodiversity effect irrespective of seeding configuration. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 285, 106627, 2019.

FENNER, M.; THOMPSON, K. **A Ecologia das Sementes**. Cambridge University Press, 2005.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre:

Artmed, 2004. 209 p.

FILHO, J. M. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. 5. ed. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2011. 734 p.

FONSECA, M. G.; LEÃO, N. V. M.; SANTOS, F. A. M. dos. Germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de *Pseudopiptadenia psilostachya* (DC.) G. P. Lewis & M. P. Lima (Leguminosae) em diferentes ambientes de luz. **Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 885-891, 2006.

FRANK, G. D. J. Dormancy: manifestations and causes. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Handbook of plant and crop physiology**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 2002. p. 161-179.

FREITAS, et al. Superação da dormência de sementes de jatobá. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 73, p. 85-89, 2013.

FRIES, E. G. **Relatório de estágio curricular com mix de plantas de cobertura**. 2021.

HADAS, A. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solution. **Journal Experimental of Botany**, v. 27, n. 3, p. 480-489, 1976.

HASTUTI, R. D. et al. Seed dormancy breaking and germination rate improvement in *Mucuna bracteata* seeds using mechanical and fungicide treatments. **BIO Web of Conferences**, v. 82, p. 06002, 2024. DOI: https://doi.org/10.1051/bioconf/20248206002. Acesso em: 15 ago. 2025.

HEINRICHS, R. et al. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25.

RODRIGUES, F.C.M.P. Manual de Análise de Sementes Florestais. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 100p.

RANAL, M. A., & Santana, D. G. de. (2006). How and why to measure the germination process? ***Revista Brasileira de Botânica*****,** 29(1), 1-11.

KOLLER, D. et al. Seed germination. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 13, n. 1, p. 437464, junho 1962.

LIMA, C. E. P.; MADEIRA, N. R. **Sistema de plantio direto em hortaliças (SPDH)**. Embrapa Hortaliças, 2013.

LABOURIAU, L. G. (1983). *A germinação das sementes*. Washington: **Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos** (OEA). (Série de Biologia. Monografia, 24).

LACERDA, G. F.; Enéas Filho, J.; Pinheiro, F. C. (2007). Dormência e germinação de sementes de espécies florestais da Amazônia. *Revista Acadêmica: Ciência Agrária e Ambiental*, 5(2), 27-37.

MACIEL, G. M.; SILVA, E. C. da; LANDGRAF, P. R. C. Superação da dormência imposta pela impermeabilidade do tegumento em sementes de mucuna-preta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 5, p. 724-731, 2010.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, dez. 1962.

MALIK, M. S.; NORSWORTHY, J. K. Temperature and Light Requirements for Wild Radish (*Raphanus raphanistrum*) Germination over a 12-Month Period following Maturation. **Weed Science**, Lawrence, v. 58, n. 4, p. 406–410, out.-dez. 2010.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina:

ABRATES, 2015.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2015.

MATOS, A. C. B.; BORGES, E. E. D. L.; SILVA, L. J. D. Fisiologia da germinação de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. sob diferentes temperaturas e tempos de exposição. **Revista Árvore**, v. 39, n.1, p. 115-125, jan./fev. 2015.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 173-180, 2004.

MELO, H. C. de et al. (2006). **Características fisiológicas de microtomateiros fitocromo-mutantes.** *Ciência e Agrotecnologia*, 30(2), 289-294.

MONDO, V. H. V. et al. Teste de germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Fabaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 177-183, 2008.

MOZENA LEANDRO, W.; SILVA MENEZES, L. A. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 2004; 34(3):173-180. Disponível em: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253025898008. Acesso em: 15 ago. 2025.

NASCIMENTO, R. et al. Germination of cover crop seeds under suboptimal temperature and moisture conditions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2021, v. 45.

NASCIMENTO, W. M.; DIAS, D. C. F. D. S.; SILVA, P. P. D. Qualidade fisiológica da semente e estabelecimento de plantas de hortaliças no campo. In: XI CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS, 2011, Porto Alegre.

NASSER, N. P. A. **Efeito do fotoperíodo na germinação de sementes de Bromélia anticantha Bertol**. 2018. 39 p.

NASSIF, S. M. L.; VIEIRA, I. G.; FERNANDES, G. **Fatores externos (ambientais) que influenciam na germinação de sementes**. Piracicaba, SP: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1998.

NERY, M. C.; CARVALHO, M. L. M. de; FRAGA, A. C. Adequação do teste de germinação para sementes de nabo forrageiro. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 248-256, 2009.

NÓBREGA, J. S. et al. Physiological response of seeds of *Crotalaria spectabilis* under drought and heat stress. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 65, 2022: e22220145.

OLIVEIRA, A. C. S.; MARTINS, G. N.; SILVA, R. F.; VIEIRA, H. D. Teste de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. **Revista Científica Internacional**, v. 2, n. 4, 2009.

OLIVEIRA, S. S. C. de et al. Seleção de progênies de nabo-forrageiro para germinação sob altas temperaturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 217-222, fev. 2014.

PEIXOTO, F. P. **Influência de fatores ambientais na germinação de sementes**. 2007.

Disponível em: <https://www.academia.edu/119895217/Influ%C3%AAncia_De_Fatores_Externos_Na_Germin a%C3%A7%C3%A3o_De_Sementes_Uma_Revis%C3%A3o>. Acesso em: 15 ago. 2025.

PEREIRA FILHO, I. A. et al. **Manejo da cultura do milheto**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003 (Circular Técnica).

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 791-796, 2003.

QUEIROZ, P. C. et al. How and why to measure the germination process. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 1-17, 2006.

RUTHS, R. et al. Influência da temperatura e luminosidade na germinação de sementes das espécies: *Selenicereus setaceus*, *Hylocereus undatus* e *Hylocereus polyrhizus*. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 2, p. 194-201, jun. 2019.

SANDRIN, F. L. **Biomassa, teor de nitrogênio e relação C/N de mixes de plantas de cobertura**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2022.

SGHAIER, H. A. et al. Os efeitos da temperatura e da água na germinação de sementes e no desenvolvimento de plântulas de colza (*Brassica napus* L.). **Plants**, Basel, v. 21, art. 2819, 23 nov. 2022. DOI: 10.3390/plants11212819.

SILVA, A. C. **Fisiologia do estresse em plantas**. 2. ed. São Paulo: Editora Agroecológica, 2020.

SILVA, B. N. P.; MASETTO, T. E.; ROCHA, L. G. Uma visão sobre a resposta ao priming de sementes de *Crotalaria ochroleuca* e *Crotalaria spectabilis* durante o armazenamento. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e279806, 2024.

SILVA, M. A. et al. Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no Cerrado. **Research, Society and Development**, v. 10, n.

SOUZA, J. S. Crescimento e desenvolvimento de *Mucuna aterrima* em diferentes condições térmicas. **Revista Brasileira de Ciência Agrária**, v. 13, n. 4, p. 1-8, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2013. 918 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 201.

TIES, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

UNIDADE XIII DORMÊNCIA E GERMINAÇÃO. In: LACERDA, C. F.; ENÉAS FILHO, J.; PINHEIRO, C. B. **Fisiologia Vegetal**. Fortaleza, CE: Universitária/UFPel, 2007. p. 333-355.

VARGAS, M. A. T. et al. Inoculação de leguminosas e manejo de adubos verdes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 97-127.

VERCELLINO, R. B.; PANDOLFO, C. E. The roles of light and pericarp on seed dormancy and germination in feral *Raphanus sativus* (Brassicaceae). **Weed Research**, Oxford, v. 56, n.

3, p. 227–236, jun. 2016.

WILDNER, L. do P. Como escolher as plantas de cobertura: Confira as dicas da EPAGRI. **EPAGRI**, 2020. Disponível em: https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/12/16/comoescolher-as-plantas-de-cobertura-confira-dicas-da-epagri/. Acesso em: 15 ago. 2025.

WUTKE, E. B.; MAEDA, J. A.; PIO, R. M. Superação da dormência de sementes de mucunapreta pela utilização de "calor seco". **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 139-147, 1995. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-90161995000100022. Acesso em: 15 ago. 2025.

WUTKE, E. et al. Permeabilidade do tegumento e germinação de espécies de *Mucuna* sob diferentes condições de temperatura. **Seed Science and Technology**, v. 23, p. 123–132, 1995.

ZIECH, A. R. D. et al. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernal na região Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 5, p. 374-392, maio 2015.

ZIMMER, P. D. Fundamentos da qualidade da semente. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. Á.; MENEGHELLO, G. E. (Ed.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 4. ed. rev., atual. e ampl. Pelotas: Becker e Peske, 2019. p. 99-150.