



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**Ensino de Fisiologia Vegetal para Agronomia: uma  
abordagem prática sobre a influencia dos hormônios  
vegetais no crescimento e no desenvolvimento de plantas**

Cristiano Alberto de Lima Alves

Orientadora: Cristiane da Silva Ferreira

Brasília, 17 de dezembro de 2013

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**Ensino de Fisiologia Vegetal para Agronomia: uma abordagem prática sobre a influencia dos hormônios vegetais no crescimento e no desenvolvimento de plantas**

Cristiano Alberto de Lima Alves

Orientadora: Cristiane da Silva Ferreira

Brasília, 17 de dezembro de 2013

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**Ensino de Fisiologia Vegetal para Agronomia: uma abordagem prática sobre a influencia dos hormônios vegetais no crescimento e no desenvolvimento de plantas**

Cristiano Alberto de Lima Alves

Orientadora: Cristiane da Silva Ferreira

Monografia apresentada como requisito  
para conclusão do curso de Agronomia  
da Universidade de Brasília.

Aprovado por:

---

Professora Dr.<sup>a</sup> Cristiane da Silva Ferreira  
Departamento de Botânica/UnB

---

Professora Dr.<sup>a</sup> Maria Lucrecia Gerosa Ramos  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária/UnB

---

Professora Dr.<sup>a</sup> Michelle de Souza Fayad André  
Departamento de Botânica/UnB

Brasília, 17 de dezembro de 2013

## Resumo

Os hormônios vegetais estão entre os principais fatores responsáveis pelas transformações morfológicas e fisiológicas que ocorrem nas plantas ao longo do seu ciclo de vida. Análisar os efeitos da aplicação exógena de hormônios pode abrir novas perspectivas sobre o direcionamento que levem a características desejadas em menor tempo. No presente estudo utilizou-se o ácido giberélico (ou giberelina GA3) em diferentes concentrações com objetivo de verificar a ocorrência de alterações no crescimento e desenvolvimento de tomateiro (*Solanum lycopersicum* var. ceraciforme), baseando-se no comprimento e massa seca da parte aérea e radicular, número de folhas, concentração de clorofila A, B e carotenóides em folhas e florescimento em tomateiro. Também em batata (*Solanum tuberosum*) foi acompanhado a resposta pela pulverização de ácido giberélico em tubérculos nas concentrações de 200, 400, 600, 800, 1000 e 1200 ppm em relação à formação de brotos, com medida de altura e diâmetro dos brotos mais proeminentes e pesagem da massa seca. Os resultados mostraram que de fato houve o estímulo do ácido giberélico na manifestação do alongamento da parte aérea e florescimento do tomateiro de maneira gradual conforme se aumentavam as concentrações utilizadas. Em relação ao número de folhas em tomateiro e formação de brotos em batata houve estímulo gradual até certo ponto a partir do qual o aumento da concentração do hormônio levava a um efeito inibitório com menor manifestação do caractere. Os resultados vão ao encontro das propriedades do ácido giberélico existentes na literatura, reforçando o potencial de uso no meio agrícola visando maior produtividade e economia de custos e de tempo em relação a outros métodos além de motivarem a reprodução desses experimentos em aulas práticas de fisiologia vegetal de forma a demonstrar de maneira acessível as informações teóricas sobre giberelinas e hormônios em geral, importantes para uma boa formação do futuro profissional das áreas afins.

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	06
2. Material e Métodos.....	08
3. Resultados e Discussão.....	12
4. Considerações Finais.....	20
5. Referências Bibliográficas.....	22
6. Anexo.....	23

# 1. Introdução

A Fisiologia Vegetal é conhecida como a subárea da Botânica que descreve os mecanismos envolvidos na absorção e transporte de água e nutrientes, na biossíntese e metabolismo de reservas, na germinação de sementes e no desenvolvimento de uma planta ajustada ao seu ambiente de origem (Larcher 2006, Jesus & Peres 2013). No entanto, a regulação e a coordenação do metabolismo, crescimento e a morfogênese muitas vezes dependem de sinais químicos de uma planta para outra, e essa coordenação é realizada por meio dos hormônios vegetais (Taiz & Zeiger 2009, Jesus & Peres 2013). Por fim, a Fisiologia Vegetal é a parte da Biologia que estuda o funcionamento das plantas e como elas respondem aos fatores bióticos e abióticos ao longo do seu ciclo de vida (Larcher 2006, Taiz & Zeiger 2012). Tais conceitos são repassados aos alunos, por meio de disciplina específica com o mesmo nome, Fisiologia Vegetal, obrigatória aos cursos de graduação em Ciências Agronômicas (Agronomia), Biológicas (Biologia) e Engenharia Florestal

Para explicar os mecanismos envolvidos no crescimento e desenvolvimento de um organismo vegetal, a disciplina de Fisiologia Vegetal apresenta uma abordagem inteiramente multidisciplinar, com uso de ferramentas na área de anatomia, bioquímica, biologia molecular, física, ecologia, entre outras (Nobel 2005, Larcher 2006, Taiz & Zeiger 2012). O estudo de Fisiologia Vegetal é apresentado como base para a formação de alunos em diversos cursos de graduação que atuam diretamente na manipulação de organismos vegetais, como é o caso do curso Agronomia. Contudo, apesar de essencial para o entendimento de outras disciplinas que tratam do solo e da fitotecnia e no próprio dia-a-dia da profissão de Agrônomo, a disciplina enfrenta o baixo interesse de muitos alunos pela matéria que é refletida em índices de evasão consideráveis (C. S. Ferreira, comunicação pessoal). Uma das hipóteses seria a falta de integração entre o conteúdo teórico e as demonstrações práticas, uma

vez que a disciplina aborda temas na maioria das vezes abstratos e vias metabólicas relativamente complexas (Jesus & Peres 2013, Maestri et al. 1998), o que dificulta a exploração desses conteúdos em sala de aula.

Um assunto de relevância para a fisiologia vegetal com grande potencial de ser usado em aulas práticas são os hormônios e suas implicações ao longo do ciclo de vida das plantas, uma vez que estão envolvidos diretamente em todos os estágios de desenvolvimento da planta, da germinação até a senescência, passando por fases intermediárias como crescimento e floração. Os hormônios atuam na comunicação celular, definido como “mensageiros químicos, produzidos em uma célula e tecido, que modulam os processos celulares em outra célula, interagindo com proteínas específicas denominadas receptores” (Taiz & Zeiger, 2012), contribuindo em processos metabólicos que permitem a manutenção da planta, bem como seu crescimento e reprodução. Existem seis classes principais de hormônios vegetais: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico e brassinosteróides. Os efeitos dos hormônios dependem da concentração, do estágio de desenvolvimento, da interação com outros hormônios e do tipo de órgão ou tecido (Taiz & Zeiger 2012, Kerbauy 2008, Jesus & Peres 2013).

Dentre os hormônios citados acima, a giberelina ou ácido giberélico (GA) é aquele que apresenta maior potencial para a elaboração de ensaios práticos de curto tempo, pois a resposta da planta às giberelinas é, em geral, bem rápida. Além de este estar envolvido diretamente em várias etapas da vida da planta, desde a germinação de sementes (e quebra de dormência em gemas), crescimento de plantas, indução do estágio reprodutivo, floração e frutificação de muitas espécies vegetais (Achard & Genschik 2009, Davière & Achard 2013).

A giberelina é um hormônio que foi descoberto anos após a auxina, pela caracterização de compostos liberados pelo fungo patogênico *Gibberella fujikuroi*. A partir de três subtipos de

giberelinas encontrados nesse fungo foi montado um sistema de classificação que ao longo dos anos e foram nomeados ao menos 136 desses subtipos, adotando-se o prefixo GA seguido por um número em ordem crescente (para informações, acesse [www.plant-hormones.info](http://www.plant-hormones.info)). As moléculas de giberelina possuem em comum uma cadeia chamada ent-giberelano (com 20 átomos de carbono-GAs-C20) ou uma de 19 átomos de carbono (GAs-C19) conhecida por 20-não-ent-giberelano. Algumas das giberelinas mais ativas como GA1, GA3, GA4 e GA7 (Taiz & Zeiger 2009).

Para demonstrar aos alunos da disciplina Fisiologia Vegetal como o crescimento e o desenvolvimento do vegetal podem ser regulados e coordenados por uma substância química, foram preparados experimentos que evidenciavam as funções da giberelina em diversas etapas do ciclo de vida da planta. O objetivo do estudo foi demonstrar, por meio de experimentos simples, possíveis de serem executados em sala de aula ao longo de um semestre letivo, o papel da giberelina na germinação, crescimento e desenvolvimento de espécies pertencentes à família Solanaceae. A partir desses experimentos foram estabelecidos protocolos de aulas práticas e questionários para serem respondidos pelos alunos durante a execução das aulas, a fim de avaliar o entendimento sobre os processos fisiológicos envolvidos nos experimentos.

## **2. Materiais e Métodos**

Foram montados dois experimentos com espécies da família Solanaceae, onde foram aplicadas diferentes concentrações de GA na sua forma ativa GA3, a fim de demonstrar que as respostas induzidas por GAs nas plantas dependem da concentração do hormônio, bem como de fatores endógenos como o estágio de vida da planta, o tipo de tecido vegetal, entre outros.



## **Experimento 01: Efeito de GA3 no crescimento, desenvolvimento e na floração de tomateiro.**

A espécie utilizada foi *Solanum lycopersicum* var. ceraciforme, pertencente à família Solanaceae e à ordem Tubiflorae, conhecido como “tomate-cereja”. Essa espécie apresenta características que favorecem seu uso em diversos fins de pesquisa. O ciclo de vida da planta se completa em aproximadamente 90 dias e o seu menor porte possibilita seu cultivo em espaços reduzidos, como recipientes com volume relativamente pequeno de substrato. No entanto essa espécie apresenta maior susceptibilidade de rompimento de estruturas da parte aérea como o próprio caule, quando manuseada, e o tombamento ao alcançar maiores dimensões é algo recorrente, o que é compensado pelo escoramento em indivíduos próximos, requerendo atenção quando se quer aplicar soluções químicas em dosagens controladas em cada planta.

Para a obtenção das plântulas a serem utilizadas no experimento, sementes comerciais de tomate cereja foram colocadas para germinar em placas de petri (4 repetições de 25 sementes), com duas camadas de papel filtro, que eram regularmente trocados para evitar proliferação de fungos. Essas placas foram mantidas em câmaras de germinação a 25 °C com fotoperíodo de 12 horas. As sementes de *S. lycopersicum* apresentam pequeno tamanho (~1cm) e a protrusão da radícula, estrutura que indicaria a semente germinada, é de difícil visualização. Por esse motivo, o número de sementes germinadas foi baseado no número de plântulas formadas.

Conforme as sementes germinaram, foi feita a transferência destas para copos de 50 ml, contendo o substrato comercial Bioplant®. Essas plântulas foram mantidas por 45 dias em uma sala de crescimento, com fornecimento de luz artificial e fotoperíodo de 12 horas, para estabelecimento da planta até seu uso no experimento da aula prática. Após 45 dias, foi feita a

transferência das plantas para recipientes de plástico com capacidade de 500 ml, contendo uma camada inferior de vermiculita, importante para a retenção de água no recipiente e fornecimento às raízes, e uma camada superior e em maior proporção de substrato Bioplant®, sendo alocados em um viveiro coberto, com incidência de luz natural difusa (cerca de 30% da luz solar plena), onde foram submetidas aos tratamentos com hormônio GA3 por cinco semanas. Ao longo de todo o período experimental (sala de crescimento e viveiro) foi feita a aplicação de NPK (10-10-10) em intervalos de 15 dias e a irrigação ocorria duas vezes por semana, saturando o solo na capacidade de campo.

Para o experimento com hormônios, após a fase de aclimatação das plantas no viveiro de três dias, foram estabelecidos cinco tratamentos: (1) controle (sem adição de hormônio), (2) concentração de 200 ppm de GA3, (3) concentração de 400 ppm de GA3, (4) concentração de 600 ppm de GA, (5) concentração de 800 ppm de GA3. As aplicações de hormônios eram realizadas na parte aérea (especialmente na região do meristema apical) e ocorriam semanalmente, com uso de um pulverizador, até o ponto de escoamento (Farinha, 2008).

Ao final do experimento foi avaliado o número de folhas, e em amostras representativas destas, o teor de clorofila e pigmentos acessórios, comprimentos da parte aérea e radicular, nível de floração, observada a partir da existência de botões florais nos ramos, e biomassa.

Para a análise do teor de clorofila e pigmentos acessórios, foram escolhidas duas plantas de cada tratamento sendo retirados de cada uma dois fragmentos circulares de 1 cm<sup>2</sup> cada. Os fragmentos de cada planta foram imersos em respectivos tubos de microcentrífuga (Eppendorffs) contendo 2 mL de DMF (dimetilformamida). Os tubos foram envolvidos em papel alumínio para evitar degradação de substâncias pela luz e mantidos refrigerados em 4 °C por 48 horas. Em seguida foram inseridos em um espectrofotômetro para medida da

absorbância nos comprimentos de onda de 663,8, 646,8 e 480 nm para obter as concentrações das clorofila *a* e *b* segundo MORAN (1982).

A medida de biomassa ocorreu com a separação da planta em parte aérea (caule e folhas) e raiz, levadas para secar em estufa de circulação forçada a 60 °C por 48h, pesadas em balança de precisão (0,0001g).

## **Experimento 2: Quebra de dormência em gemas de batata**

Para avaliar a influência da giberelina sobre a quebra de dormência em gemas foram usados tubérculos de batata (*Solanum tuberosum*). As concentrações de GA3 utilizadas foram as mesmas empregadas no experimento anterior, com tomate. O experimento contou com os seguintes tratamentos: 1) controle (sem adição de hormônio), (2) concentração de 200 ppm de GA3, (3) concentração de 400 ppm de GA3, (4) concentração de 600 ppm de GA, (5) concentração de 800 ppm de GA3. Foi utilizada uma batata para cada tratamento.

O experimento foi montado em bandejas (25 cm x 35 cm), onde as 5 batatas foram dispostas e identificadas com o tipo de tratamento a ser submetido. Cada batata foi pulverizada com a solução indicada no tratamento, até o ponto de escorrimento. Em seguida foram mantidas em câmaras de germinação a 25°C e fotoperíodo de 12 horas por sete dias. Após esse período foi feita a contagem no número de brotos que apareceram nas batatas em cada tratamento e com auxílio de uma régua milimetrada foi medido o diâmetro e altura de brotos. Para essa etapa foram considerados brotos a partir de 2 mm. Os brotos medidos foram retirados da batata e secos em estufa de circulação forçada a 70 °C por 48h, pesadas em balança de precisão (0,0001g) para a obtenção da massa seca. Diante de respostas crescentes em relação à concentração da solução de giberelina, optou-se pela execução de um novo experimento complementar, dessa vez com duas novas concentrações de GA3: (1a) controle

(sem adição de hormônios), (2a) 1000 ppm e (3a) 1200 ppm. As etapas seguintes do experimentos foram as mesmas realizadas com as batatas no primeiro experimento.

### 3. Resultados e Discussão

#### Experimento 01: Efeito de GA3 no crescimento, desenvolvimento e na floração de tomateiro.

Por se tratarem de sementes comerciais, a germinação e a formação de plântulas ocorreram, relativamente, de maneira rápida e uniforme nas quatro repetições (Fig. 1). Após 12 dias 98% das sementes colocadas para germinar haviam formado plântulas e apresentavam o primeiro par de folhas completamente expandido (Figs. 1 e 2).

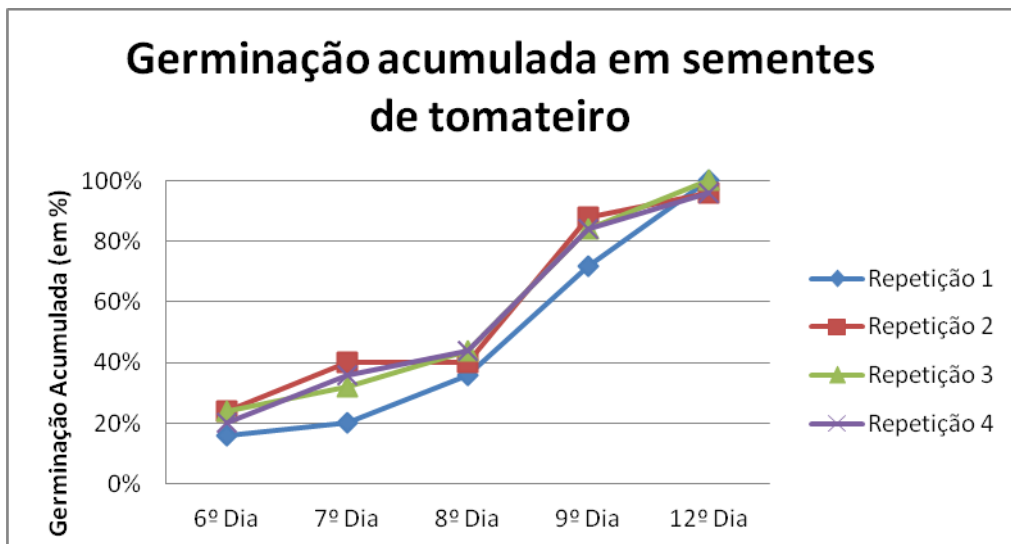
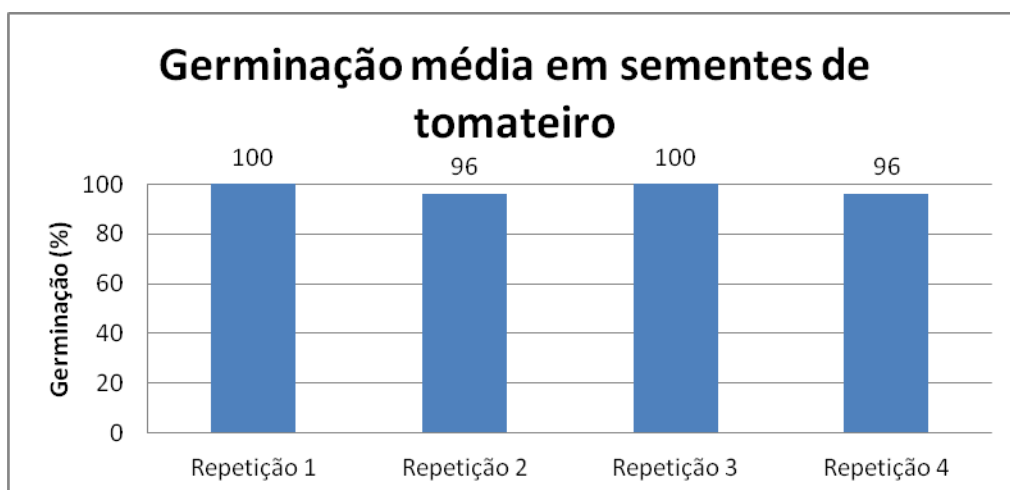


Figura 1: Médias da germinação de sementes de tomateiro nas quatro repetições.



**Figura 2:** Percentual (%) de sementes germinadas e que formaram plântulas.

O GA3 induziu o aumento na produção de folhas e incremento da parte aérea em todos os tratamentos, quando comparados com o controle. Contudo, a resposta da planta ao GA3 variou com o tipo de tecido e a concentração do hormônio (Tabs. 1 e 2). Enquanto que a concentração de 200 ppm induziu a produção de folhas em maior intensidade (aumento de 97,1 %, variação 4,95 maior do que a ocorrida no grupo controle) (Tab. 1), na concentração de 800 ppm ocorreu o alongamento mais promeminente do caule (variação de 476,4 %, 1,71 vezes maior do que a variação ocorrida no grupo controle) (Tab. 2).

**Tabela 1:** Média da variação no número de folhas em relação à dosagem de GA3 aplicada.

Tratamento	Número de folhas		Variação (%)
	Início do experimento	35 dias	
Controle	9,2	11,0	19,6
200 ppm	5,8	11,5	97,1
400 ppm	8,8	12,5	41,5
600 ppm	7,7	12,7	65,2
800 ppm	7,3	10,9	50,0

**Tabela 2:** Média das concentrações de clorofila *a*, *e*, total, e carotenoides em plantas de tomateiro, submetidas a diferentes tratamentos com GA3.

Tratamento	Clorofila a ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	Clorofila b ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	Clorofila Total ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )
Controle	33,39 a	12,71 a	46,10 a
200 ppm	37,30 a	13,50 a	50,80 a
400 ppm	35,40 a	12,54 a	47,95 a
600 ppm	46,27 a	16,01 a	62,28 a
800 ppm	38,67 a	13,84 a	52,52 a

*Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não apresentam diferenças entre si ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.*

A concentração das clorofilas *a* e *b* (Tab. 3) não variou entre os tratamentos ( $p>0,05$ ). Esses resultados diferem dos encontrados por Martins & Castro (2005) que, ao estudarem os efeitos de reguladores vegetais sobre o teor de clorofila em folhas do tomateiro, concluíram que o GA3 seria capaz de alterar os valores de clorofila nas folhas, devido ao ‘efeito da diluição’, em que a expansão da área foliar provocaria redução na concentração de clorofila. Entretanto, nesse estudo os resultados mostraram valores constantes desses pigmentos entre os tratamentos, indicando que o ácido giberélico não alterou a capacidade de captação de luz para a fotossíntese na planta.

**Tabela 3:** Médias das variações no comprimento da parte aérea e comprimento da parte radicular em condição final em relação às dosagens de GA3 aplicadas.

Tratamentos	Comprimento da parte aérea (cm)			Comprimento Parte Radicular (cm) em Condição Final
	Início do experimento	35 dias	Variação (%)	
Controle	8,6	32,6	279,1	14,3a
200 ppm	7,7	34,5	350,0	13,8a
400 ppm	8,6	35,8	317,5	13,8a
600 ppm	7,3	40,4	457,2	16,3a
800 ppm	7,9	45,8	476,4	16,2a

*Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não apresentam diferenças entre si ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.*

Ao analisar o crescimento da planta, foi verificado que não houve diferença no comprimento do sistema radicular do tomateiro quando as plantas foram submetidas aos tratamentos com as diferentes concentrações de hormônio, evidenciando menor efeito do GA3 neste órgão. Por outro lado, o comprimento em altura mostrou uma indução do crescimento estimulada pelo GA3, uma vez que houve um aumento no incremento em altura das plantas em todas as concentrações. De forma geral, esse incremento se mostrou maior conforme a concentração de ácido giberélico foi aumentada (Tab. 2). Em estudo realizado por Rappaport (1953) com tomate tradicional (*L. esculentum* var. earlypak) que avaliou a influência de giberelina sobre a alongação da planta, o autor encontrou resultados semelhantes, onde em concentrações de 25 e 200 µg as plantas apresentaram alturas finais de 49 cm e 70,5 cm, respectivamente. Outros trabalhos como o de Fraile-Robay et al. (2012) também mostraram como a giberelina pode agir induzindo crescimento em altura em plantas de tomate. A capacidade que a espécie possui de responder ao hormônio coloca o tomateiro em posição de vantagem para seu uso em estudos experimentais a fim de avaliar o efeito destas substâncias reguladoras no crescimento e no desenvolvimento de plantas.

Com relação à massa seca, os valores obtidos mostram que não houve diferença no incremento desta, entre os tratamentos, tanto na parte aérea quanto na parte radicular (Tabela 4), mostrando que ocorreu apenas a proliferação e o alongamento de células, e que este não foi acompanhado pelo incremento de massa seca. Esses resultados corroboram sobre o papel do ácido giberélico na indução do alongamento em planta (King et al. 2001, Taiz & Zeiger 2012, Davière & Achard 2013). Ao avaliar o florescimento das plantas de tomateiro foi possível constatar que este teve relação direta com as concentrações de giberelina utilizadas (Tab. 4), aumentando a floração na concentração de 800 ppm, revelando a eficiência dessa concentração na indução de flores da espécie. A ausência de flores no tratamento controle reforça o papel conhecido do ácido giberélico na floração de algumas espécies (Dai & Xue, 2010).

**Tabela 4:** Médias da massa seca (g) na parte aérea e parte radicular, e presença (+) de flores em plantas de tomate submetidas aos tratamentos com GA3.

Tratamentos	Parte aérea (g)	Parte radicular (g)	Presença de flores*
Controle	0,402	0,037	Não Floresceu
200 ppm	0,280	0,035	+
400 ppm	0,459	0,070	++
600 ppm	0,473	0,043	+++
800 ppm	0,414	0,036	++++

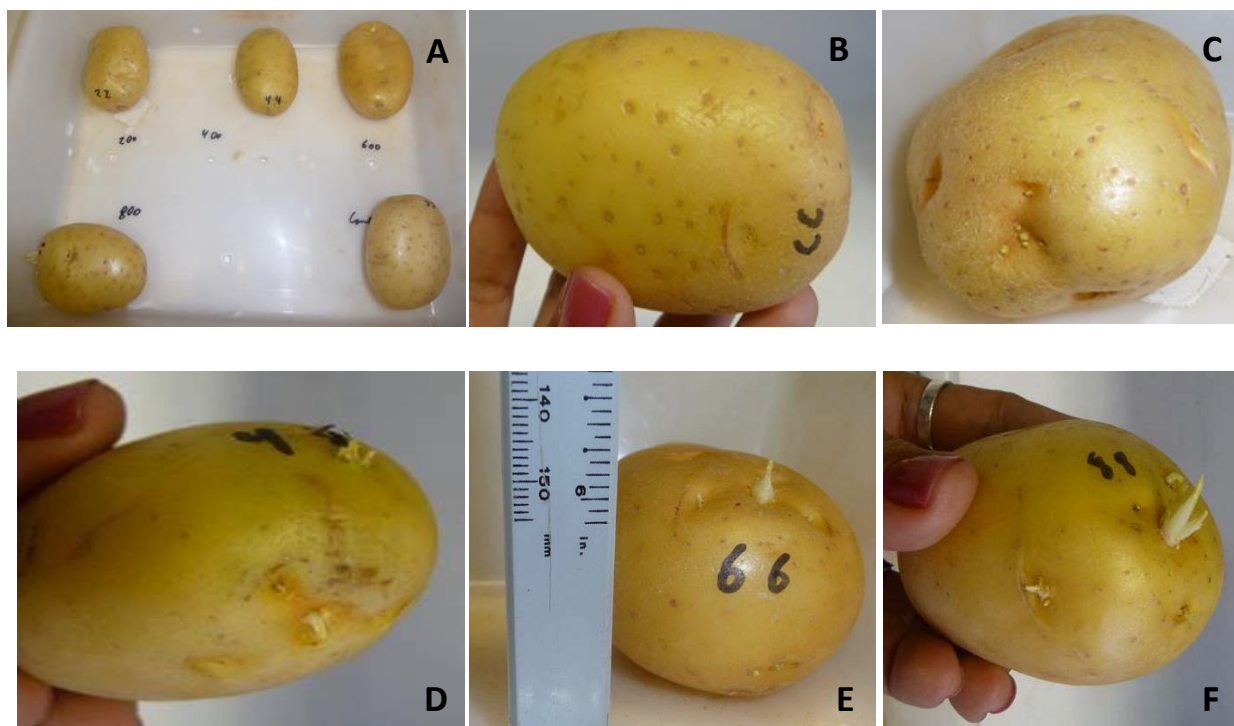
\* a intensidade do evento é diretamente proporcional ao número de símbolos (+) indicado.

## Experimento 2: Quebra de dormência em gemas de batata

A germinação é o conjunto de etapas e processos associados à fase inicial de desenvolvimento de uma estrutura reprodutiva, seja semente, esporo ou gema. Tradicionalmente é referido ao crescimento do embrião, particularmente do eixo radicular contido em uma semente (Ferreira & Borghetti 2004). No entanto, o termo germinação em seu sentido amplo, pode ser aplicado também a outros eventos, como o crescimento do rizóide (esporos em Pteridófitas) ou mesmo brotação de gemas caulinares (ex. tubérculos, rizomas) (Ferreira & Borghetti 2004, Kerbauy 2009). Por outro lado, a dormência é um mecanismo de bloqueio da germinação, que ocorre em estruturas reprodutivas de muitas espécies, impedindo seu desenvolvimento até que as condições sejam favoráveis ao seu estabelecimento. Este processo é importante na natureza, pois favorece a sobrevivência de estruturas reprodutivas submetidas a condições ambientais adversas ao crescimento vegetativo (Ferreira & Borghetti 2004, Salazar et al. 2011).

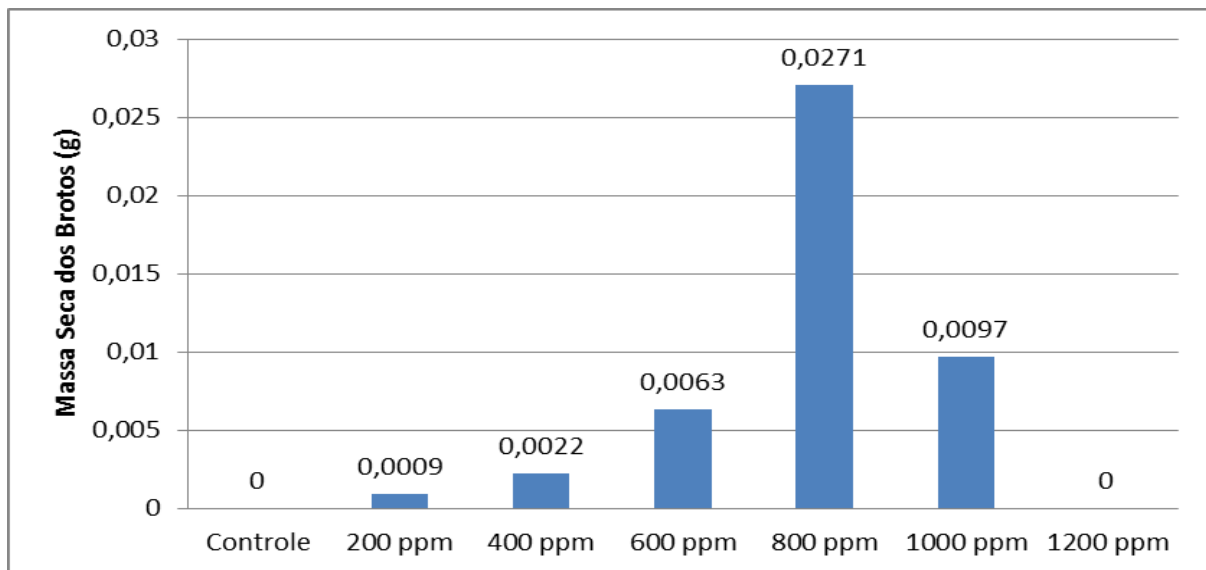
No presente trabalho, o GA3 induziu a quebra de dormência em gemas de batatas (Figs. 3 e 4). No primeiro experimento montado, quando as concentrações do hormônio variaram de 200 a 800 ppm, foi possível observar que o número e tamanho de brotos formados foi diretamente proporcional à concentração do hormônio (Fig. 3).





**Figura 3.** Tubérculos de batatas após sete dias de tratamento para quebra de dormência em gemas com diferentes concentrações de GA3: A) Montagem do experimento, B) Controle (sem hormônio), C) 200 ppm de GA3, D) 400 ppm de GA3, E) 600 ppm de GA3 e F) 800 ppm de GA3.

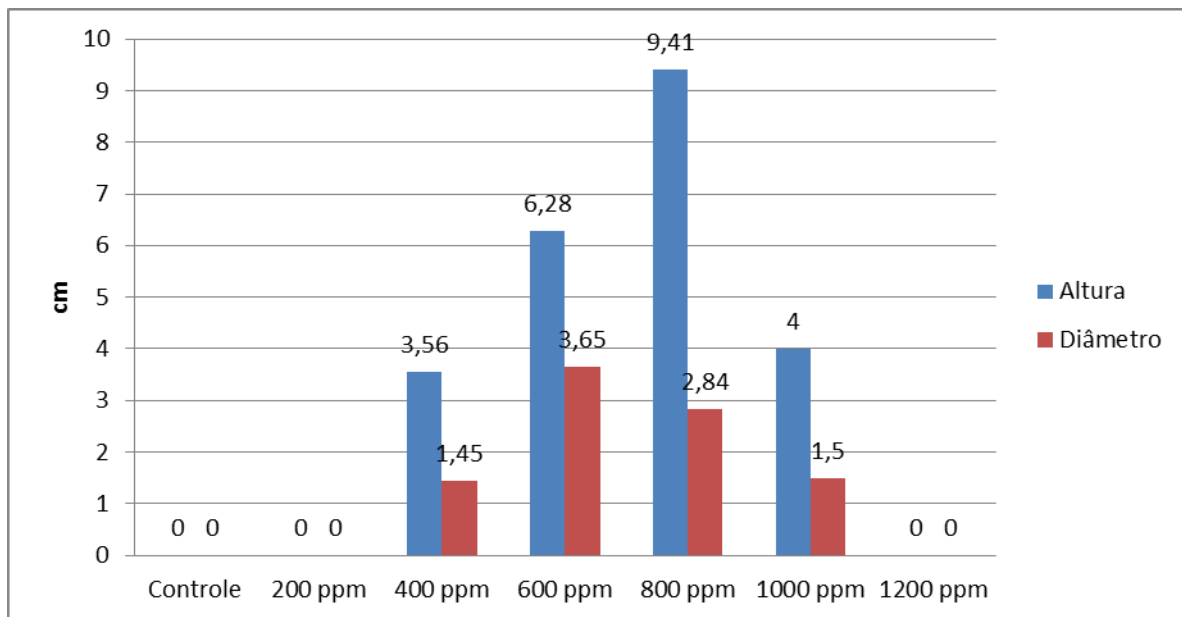
Após a realização do segundo experimento, onde foram acrescentadas novas concentrações de GA3 (1000 e 1200 ppm), foi possível visualizar com clareza o efeito indutor e inibidor do hormônio em função da concentração do mesmo (Figs. 4 e 5). O tratamento controle não apresentou a brotação de gemas. Os maiores valores de massa seca foram obtidos nas concentrações de 400, 600, 800 e 1000 ppm, mas estes não diferiram significativamente do controle ( $p < 0,05$ ). Por outro lado, nas concentrações de 1000 e 1200 ppm verificou-se a inibição da brotação, sendo observados um menor desenvolvimento em 1000 ppm, embora superior às das dosagens de 200, 400 e 600 ppm, e apenas vestígios de brotações na concentração de 1200 ppm, sugerindo que acima da concentração de 800 ppm ocorre ativação de mecanismos inibitórios para a formação dessas estruturas (Fig. 4).



**Figura 4.** Valores médios de massa seca dos brotos de batata nos diferentes tratamentos com GA3.

Para facilitar a logística de execução deste experimento em sala de aula, foi feito um teste com outra variável quantitativa que pudesse demonstrar a resposta da planta às diferentes concentrações do hormônio, como o tamanho dos brotos formados. Para tanto, foram tomadas medidas biométricas como a altura e diâmetro dos brotos, com auxílio de uma régua milimetrada e um paquímetro. Contudo, com esta metodologia não foi possível medir os brotos formados na concentração de 200 ppm, pois estes apresentavam tamanho diminuto, inferior a 2 mm (Figs. 4 e 5).

Os resultados obtidos para o tamanho dos brotos corresponderam com o que foi observado quando foi obtida a massa seca dos brotos (Fig. 4), sendo que ao analisar o tamanho do broto formado observou-se que a melhor resposta foi obtida na concentração de 800 ppm. Esses resultados estão de acordo com o que é descrito sobre o papel do GA3 no alongamento da planta (Achard & Genschik 2009, Taiz & Zeiger, 2012), uma vez que não houve incremento de massa seca significativo em termos absolutos, havendo aumento no tamanho dos brotos.



**Figura 5.** Valores médios do tamanho dos brotos formados nas diferentes concentrações de GA3.

De posse dos resultados foi possível elaborar um roteiro de aulas práticas para aplicação em sala de aula (Anexo 1), onde foram eleitos os tratamentos formados por cinco concentrações do hormônio (200, 400, 800 e 1200 ppm), além do controle (sem hormônio). Pelo que foi exposto, os tratamentos são suficientes para demonstrar aos alunos o efeito das diferentes concentrações do hormônio na resposta para a quebra de dormência em gemas.

## 4. Considerações Finais

O experimento 01 mostrou que a planta de tomateiro responde de forma eficiente ao GA3 e em curto período de tempo (45 dias). Tais características tornam a espécie uma excelente candidata a estudos experimentais, a serem desenvolvidos por alunos durante o período letivo de um semestre da disciplina de Fisiologia Vegetal. Contudo, são necessários ajustes para simplificar o experimento a fim de atender a logística exigida para a sala de aula.

O experimento 02 ilustrou de forma clara que a resposta da planta a um regulador (fitormônio) é dependente da concentração deste, e que existe uma faixa de concentração ótima onde a substância pode agir, ou seja, abaixo dessa faixa o tecido não responde ao hormônio e acima desta faixa ocorre inibição da resposta.

O uso do ácido giberélico na agricultura, principalmente em plantas de alto valor agregado como o tomateiro e a batata, pode otimizar o processo de produção pelo potencial em prover o estabelecimento de estruturas reprodutivas precursoras de órgãos de interesse como frutos e sementes (tomate) e novos indivíduos através do brotamento (batata).

Como nos dois experimentos foram utilizadas as mesmas concentrações do hormônios e as respostas obtidas foram diferentes, ficou claro que o papel da giberelina na germinação, crescimento e desenvolvimento da planta varia com a espécie e o tipo de tecido da planta. O ácido giberélico tem papel claro na indução do alongamento da parte aérea e no florescimento em tomateiro, bem como na formação de brotos em tubérculos de batata, sendo que neste último caso o efeito inibitório se mostrou presente quando em maiores concentrações do hormônio.

A reprodução de experimentos como esses em aulas práticas de Fisiologia Vegetal auxiliam em uma melhor assimilação pelos alunos sobre as propriedades dos hormônios, que

é um importante fator que fará parte do cotidiano do futuro profissional ao diagnosticar situações e propor intervenções. Em anexo a esse trabalho estão propostas de questionários que levantam aspectos a serem enfocados e discutidos nas aulas práticas

## 5. Referências Bibliográficas

- Achard, P. e Genschik, P. (2009). Releasing the brakes of plant growth: how GAs shutdown DELLA proteins. *J. Exp. Bot.* 60, 1085-1092.
- Davière, J.M., Achard, P. 2013. Gibberellin signaling in plants. *Development* 140, 1147-1151.
- Rappaport, L. Effect of Gibberellin on Growth, Flowering and Fruiting of the earlypak tomato, *Lycopersicon esculentum*. *Plant Physiology* Vol. 32 No. 5 (Sep., 1957) pp. 440-444
- Martins, M. B. G. C., Camargo, P. R. Efeitos da aplicação de reguladores vegetais sobre o teor de clorofila de folhas de *Lycopersicon esculentum* Mill. *Revista Hispeci & Lema* 32
- Dai, C. and Xue, H. W. (2010). Rice early flowering1, a CKI, phosphorylates DELLA protein SLR1 to negatively regulate gibberellin signalling. *EMBO J.* 29, 1916-1927.
- Ferreira, A. G.; Borghetti, F. 2004. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed. 323 p.
- Kerbaui, G. B. 2008. Fisiologia Vegetal. 2a. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan Ltda.
- King, K. E., Moritz, T. and Harberd, N. P. (2001). Gibberellins are not required for normal stem growth in *Arabidopsis thaliana* in the absence of GAI and RGA. *Genetics* 159, 767-776.
- Farinha, T. B. 2008. Envolvimento da giberelina na regulação do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de tomateiro (*solanum lycopersicum*) cv Micro-Tom.
- Larcher, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006. 532p.
- Nobel, P.S. 2005. Physicochemical and Environmental Plant Physiology. Academic Press, 567p.
- Jesus, F. A. ; Peres, L. E. P. 2013. Fisionômica. In: Alúzio Borém; Roberto Fritsche-Neto. (Org.). Ômicas 360º: Aplicações e Estratégias para o Melhoramento de Plantas, 1ed. Editora Suprema LTDA. p. 209-242.
- Taiz, L., Zeiger, E. 2012. FISILOGIA VEGETAL. 5ª Ed. Porto Alegre: Artmed
- Salazar A, Goldstein G, Franco AC, Miralles-Wilhelm F. 2011. Timing of seed dispersal and dormancy, rather than persistent soil seed banks control seedling recruitment of woody plants in neotropical savannas. *Seed Sci Res* 21:103–116.

# Anexo 1. ROTEIRO DE AULA PRÁTICA EM FISIOLOGIA VEGETAL

## Quebra de dormência em gemas

**Objetivo:** Avaliar a taxa de crescimento de gemas de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum*) após indução por GA3, em diferentes concentrações.

### **Materiais e Métodos:**

- 5 batatas (*Solanum tuberosum*) sem brotos
- 5 pulverizadores
- Soluções de GA3 nas concentrações de 200, 400, 800 e 1200 ppm
- 5 placas de petri
- Água destilada
- Bisturi
- Régua milimetrada
- Pincel para anotações

### **Montagem e avaliação do experimento**

- 1) As batatas serão submetidas a cinco tratamentos com diferentes concentrações de GA3 (0, 200, 400, 800 e 1200ppm).
- 2) Separe as batatas em placas de petri individuais, devidamente identificadas com a concentração de GA3 utilizada.
- 3) Com o auxílio do pulverizador faça aplicação do GA3 na batata (uma batata/uma concentração de GA3) até o ponto de escorrimento (cerca de 3 a 4 borrifadas).
- 4) Acondicione em câmara de germinação por 07 (sete) dias.

Após esse período, retire cuidadosamente de cada batata os brotos formados e separe. Tome as medidas dos brotos (a partir de 2mm de altura) com o auxílio de uma régua milimetrada e anote. Use esses dados para plotar um gráfico relacionando o tamanho dos brotos com o tratamento aplicado.