

**Julho de 2022**  
Publicação de difusão científica e tecnológica editada pelo Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmT) e dirigida a profissionais envolvidos com o cultivo e beneficiamento do algodão.

**Diretor executivo**  
Álvaro Salles

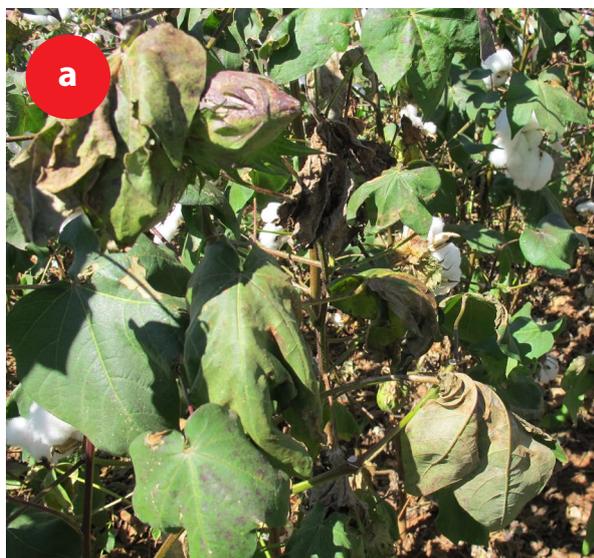
**Contato**  
www.imamt.com.br

**Email**  
publicacoesimamt@imamt.org.br

**Tiragem**  
2000 exemplares

## Frio de final de ciclo - qual incidência esperar sobre a produção e a qualidade da fibra?

Jean- Louis Belot<sup>1</sup>; Rodrigo Franzon<sup>1</sup>; Patricia M.C. A. Vilela<sup>1</sup>



**Figura 1.** Folhas dessecadas devido a temperaturas baixas (a- Sapezal, julho 2017; b- Primavera, maio de 2022). (Fotos: Jean BELOT)

**Devido a seus ancestrais**, as variedades de algodão são adaptadas para crescer em ambientes quentes. Porém, com a extensão das regiões de cultivo no mundo, as plantas de algodão podem ser submetidas a temperaturas mais baixas, tanto nas fases iniciais como finais do ciclo, como é o caso por exemplo nos Estados Unidos, nas altas planícies do Texas ou em outros países, porém mais raramente nos cerrados brasileiros.

A temperatura é um elemento chave para o desenvolvimento da planta de algodão. A partir de uma temperatura considerada "ideal" para o seu crescimento, temperaturas baixas podem ser consideradas "frias", com grau variável, podendo ir de "resfriamento" (20°C), a frio médio (15°C) ou até frio intenso (inferior a 10°C). Geralmente falamos da temperatura do ar dada por estações meteorológicas, que

pode ser diferente da temperatura da planta, principalmente tratando de altas temperaturas. Porém, para temperaturas abaixo de 23°C, a temperatura do ar é muito próxima da temperatura da planta (Holaday et al. 2016).

As regiões algodoeiras do estado de Mato Grosso podem receber massas de ar frio vindas do sul do continente americano. Isso já aconteceu em julho de 2017, e tem se repetido com mais frequência e intensidade em 2021 e 2022, com subseqüentes danos às lavouras de algodão (Figura 1).

Com temperaturas baixas, e médias diárias inferiores a 15°C, considera-se que a planta cessa o seu desenvolvimento. Com temperaturas muito baixas (inferiores a 5-10°C) podem ocorrer injúrias em diversos tecidos, como nas folhas (Figura 1), comprometendo a recuperação futura do desenvolvimento da planta.

<sup>1</sup> Pesquisadores  
IMAmT.  
Contato e-mail:  
jeanbelot@imamt.org.br

Diversas publicações explanam sobre os efeitos de baixas temperaturas no algodoeiro, seja em livros como “Cotton Physiology” (Mauney e Stewart, 1986) ou “Physiology of cotton” (Stewart et al., 2010), ou revisões bibliográficas publicadas em revistas científicas (Burke e Wanjura, 2010; Holaday et al., 2016; Zafar et al., 2018). São geralmente publicações de equipes americanas e chinesas, mas também indianas ou paquistanesas, em continentes e regiões de cultivo com limitações de temperaturas durante o ciclo da cultura. Parte dessa literatura trata dos efeitos de baixas temperaturas nas fases iniciais da cultura (germinação e emergência), mas também nas fases finais do cultivo.

De outro lado, temos muitas publicações científicas tratando especificamente dos efeitos de baixas temperaturas sobre a fisiologia da planta, das vias metabólicas em geral e da síntese da clorofila em particular, e todos os processos ligados à formação da fibra.

Essa breve Circular Técnica visa esclarecer as principais consequências de eventos de **frio de final de ciclo** na produção algodoeira de Mato Grosso e na qualidade da fibra.

## 1. Calor e desenvolvimento da planta de algodão

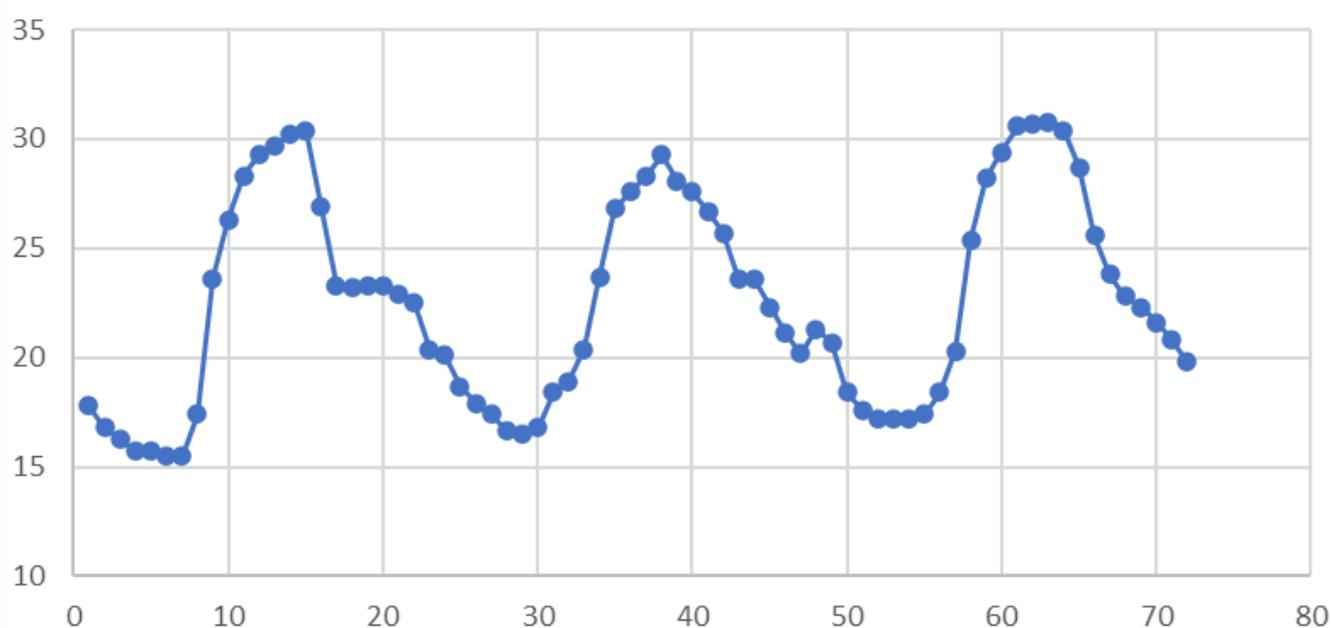
Sendo uma planta de clima quente, de modo geral, o desenvolvimento do algodoeiro é muito dependente do calor.

### Caracterização dos cerrados em termo de temperaturas

Nas regiões dos cerrados do Brasil Central, as temperaturas noturnas são geralmente frescas, subindo rapidamente quando o sol aparece. Os levantamentos de temperaturas feitos em Primavera do Leste-MT (Figuras 6 e 9) mostram que, na região de Primavera do Leste e Campo Verde, as temperaturas máximas oscilam entre 25 e 35°C, e as mínimas ao redor de 20°C até março, e entre 20 e 15°C entre abril e agosto, com exceção dos períodos de frentes frias, durante os quais as temperaturas baixam mais ou menos drasticamente.

Em regiões de altitude menor (Rondonópolis, Itiquira, Vale do Araguaia) as temperaturas são mais elevadas, tanto durante o dia como à noite. Para as demais regiões, a situação é intermediária.

A temperatura do ar é caracterizada por flutuações diurnas (Figura 2) em função do ciclo de radiação solar.



**Figura 2.** Flutuações diárias, entre 11 e 13 de maio de 2022 (Primavera do Leste-MT).

Períodos de temperaturas mais frias não são raros em Mato Grosso entre maio e agosto. Porém, o que chamou a atenção nesses últimos dois anos foi a frequência e a intensidade desses frios, que nunca haviam sido registradas no Estado de Mato Grosso ao longo dos últimos 30 anos e que, em 2022, apareceram mais cedo, já em abril.

### Conceito de unidades térmicas (Graus-dia; GD)

Em publicação de 2022, Raphael e Echer relembram esse conceito de unidades térmicas, elaborado nos anos 80, e que visa apresentar uma ideia simples da

energia recebida pela planta a cada dia, que poderá ser aproveitada para sustentar o seu crescimento. Para cada dia, o cálculo do GD é a temperatura média  $(Temp\ Max + Temp\ Min)/2$ , da qual é retirada  $15^{\circ}C$ , considerada a temperatura mínima basal para o algodoeiro. Abaixo dessa temperatura mínima basal, considera-se que a planta não é capaz de se desenvolver.

Depois de vários trabalhos, foram estabelecidos valores de unidades de calor que a planta de algodão precisa para realizar cada fase de desenvolvimento (Tabela 1). Esses valores podem ser diferentes para cada variedade.

**Tabela 1.** Unidades Térmicas para as diversas fases fenológicas do algodoeiro e estimativas de duração (em dias) para diversos estados. Médias de temperaturas dos últimos 30 anos. Plantio em 15/12 e emergência em 21/12. (Rosolem, 2019)

	Graus-Dias	MT	MT	BA
		Sudeste	Meio-Norte	Oeste
	$^{\circ}C$	Dias		
Da emergência ao primeiro botão	360	31	34	36
Do primeiro botão à primeira flor	270	22	26	27
Da primeira flor ao primeiro capulho	620	58	67	63
Da emergência ao primeiro capulho	1350	115	135	133
Da flor branca no quinto nó à colheita	620	64	64	69
Da emergência à colheita	1970	179	199	202

Essa metodologia é muito interessante para prever o ciclo de desenvolvimento do algodoeiro em diversas regiões de produção (Raphael e Echer, 2022).

Nos gráficos de temperaturas apresentados nas Figuras 6 e 9, figuram os dados diários de GD. Os valores oscilam ao redor de 10 GD de janeiro a abril e baixam ao redor de 8 GD para os meses de maio a agosto. Com a chegada de frentes frias, os GD despencam, chegando a zero durante alguns dias.

Então, as principais conclusões são:

- quando as temperaturas baixam, tanto as noturnas como as diurnas, o resultado é o **alongamento das fases fenológicas** nas quais o algodoeiro se encontra. Por exemplo, a variedade IMA 5801B2RF cultivada em Rondonópolis fecha o seu ciclo em aproximadamente 140 dias, enquanto nas mesmas condições de alimentação hídrica, poderá fechar em 165 dias na região de Primavera do Leste. Com o

alongamento do ciclo da planta, aumenta o risco de sofrer com estresse hídrico de final de ciclo.

- temperaturas muito baixas, abaixo de  $5-10^{\circ}C$  durante a noite, como aquelas observadas em MT em 2020 e 2021, além de atrasar o desenvolvimento da planta, podem provocar danos visíveis nas folhas, como avermelhamento e até dessecação da folha inteira ou das bordas, causando danos irreversíveis nos tecidos das plantas, que irão adiantar seu ciclo por falta de alimentação em carboidratos, com redução de produtividade e de **maturidade dos frutos**.

Então, temos que deixar bem claro que a noção de frio para uma planta de algodão, planta adaptada a condições tropicais, deve ser considerada a partir de uma temperatura abaixo da temperatura ideal, ou seja, abaixo de  $28^{\circ}C$ . Já temperaturas de  $20^{\circ}C$  serão consideradas como temperaturas de frio moderado; as temperaturas de  $15^{\circ}C$ , consideradas de frio; e aquelas abaixo de  $15^{\circ}C$ , de frio intenso.

## 2. Alguns elementos sobre o efeito do frio à fisiologia da planta e à formação da fibra

### 2.1. Frio e efeitos sobre a fotossíntese e o desenvolvimento da planta

Foram determinadas faixas de temperaturas ideais, ao redor de  $28 \pm 3^\circ\text{C}$ , para um ótimo funcionamento das funções metabólicas do algodoeiro (Burke e Wanjura, 2010). Abaixo ou acima dessas temperaturas ideais, a planta reduz o seu metabolismo, com possíveis alterações de crescimento da planta, dos frutos, da fecundação das flores, e da formação da fibra. As temperaturas entre  $23^\circ\text{C}$  e  $32^\circ\text{C}$  são geralmente consideradas como não estressantes para a planta de algodão (Holaday et al., 2016).

Temperaturas baixas à noite, entre  $15$  e  $20^\circ\text{C}$ , ocorrem frequentemente em diversas regiões de produção de Mato Grosso, semelhante ao que acontece nas altas planícies do Noroeste do Texas. Burke e Wanjura (2010) citam trabalhos apresentando evidências de que baixas temperaturas noturnas ( $15^\circ\text{C}$ ) afetam o metabolismo do carbono durante 24 horas e não unicamente durante o período da noite. Assim, temperatura relativamente baixa à noite (inferiores a  $20^\circ\text{C}$ ) já são suficientes para alterar a fotossíntese das plantas durante o dia inteiro, mesmo com temperaturas adequadas de  $28^\circ\text{C}$  durante o dia sucedendo as noites frias. Segundo os mesmos autores, com temperaturas ainda mais baixas (inferiores a  $15^\circ\text{C}$ ), começam a ocorrer distúrbios nas funções das membranas celulares, com consequências sobre a recuperação das funções celulares da planta.

Holaday et al. (2016) publicaram uma revisão bibliográfica sobre o efeito de temperaturas sub-ótimas (abaixo de  $23^\circ\text{C}$ ) sobre a fotossíntese. O efeito imediato para a planta é a redução do balanço de assimilação do carbono ("net carbon assimilation: **A**"). Nestas temperaturas, o efeito do distúrbio do funcionamento estomático é evidente, porém existem diversas evidências que mostram que boa parte dessa redução é o resultado do mau funcionamento bioquímico da planta, principalmente ao nível do ciclo de Calvin-Benson. Diversos trabalhos apresentam evidências de que

a **duração dos episódios de frio** é fator importante para a redução mais drástica de "**A**". Esses mesmos autores citam trabalho mostrando que existe **variabilidade genética** para a sensibilidade ao frio, e a velocidade de recuperação da capacidade fotossintética.

Diversos estresses, inclusive aqueles por baixas temperaturas, geram a nível celular **processos foto-oxidativos** que atrapalham o funcionamento da fotossíntese.

É interessante relatar aqui o trabalho de Zao et al. (2012) mostrando que o estresse por frio altera a fisiologia da folha de modo a torná-la **mais sensível ao desenvolvimento do fungo *Alternaria alternata***. Dessa forma irão ocorrer sintomas mais agudos de alternariose nas folhas, envelhecimento e queda precoce das mesmas. Não podemos descartar que tal fenômeno não aconteça em nossas condições de cultivo, com as doenças foliares de final de ciclo.

Assim, essas informações mostram claramente que baixas temperaturas noturnas, mais ou menos frias, irão causar prejuízo na produção de fotoassimilados da planta, atrasando o seu desenvolvimento; ou, em caso de frios mais intensos, reduzindo o potencial de acumulação de matéria seca e a produção da planta.

### 2.2. Efeito do frio sobre o desenvolvimento da fibra

Em uma revisão de literatura muito detalhada, Haigler (2010) relata que os processos de síntese da celulose na planta de algodão são mais afetados por baixas temperaturas que os demais processos metabólicos, como a fotossíntese ou a respiração.

Depois da fecundação do óvulo, as células da epiderme destinadas a formar fibras apresentam diversas fases na sua formação (1- estabelecimento do diâmetro [perímetro] da fibra, 2- alongamento da célula e comprimento da fibra, 3- enchimento/espessamento da fibra com depósitos de celulose nas paredes secundárias, determinando a maturidade), fases sucessivas, porém podendo se sobrepor (Figura 3). Em função do ambiente de produção, o desenvolvimento da maçã pode levar de 45 a mais de 60 dias, depois da fecundação.

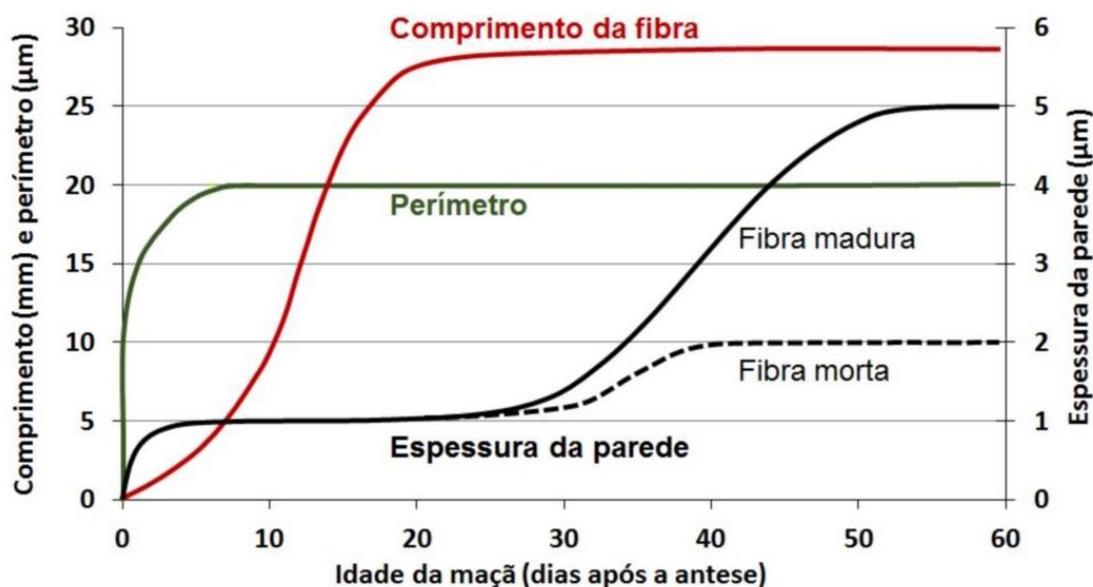


Figura 3. As diversas fases de desenvolvimento da fibra. (Fonte: Cirad)

### 2.2.1. Frio e alongamento das células: consequência sobre o comprimento da fibra

Segundo Burke e Wanjura (2010), fibras de algodão vindo de lavouras desenvolvidas com noites frias apresentaram períodos prolongados de alongamento e engrossamento da fibra.

O alongamento das fibras em formação na epiderme dos óvulos determina o comprimento final da fibra. Muitos trabalhos citados por esses autores mostram claramente que o sinal do final do alongamento da célula é determinado geneticamente. Em experimento com cultura de óvulos in vitro, a equipe mostrou que o efeito de baixas temperaturas noturnas (20°C ou 15°C) aumenta o tempo de alongamento, porém não parece alterar o valor do alongamento final em relação a uma fibra crescida a temperaturas de 34°C.

Assim, períodos de temperaturas frescas à noite não teriam efeito sobre o comprimento da fibra, e sim sobre o tempo de desenvolvimento e de maturação da fibra na maçã, com a ressalva que esse atraso não acarreta problemas de outra natureza para a planta, como, por exemplo, falta de água para a sua alimentação.

### 2.2.2. Frio e efeito sobre os depósitos de celulose: consequências sobre a maturidade da fibra

Fruto com falta de maturidade ou maturidade acelerada devido à falta de água, por exemplo, produz uma fibra imatura (Figura 4) com poucas camadas de celulose depositadas nas paredes secundárias da fibra, um lúmen muito grande; quando seca, a fibra fica muito retorcida provocando *neps* de imaturidade.

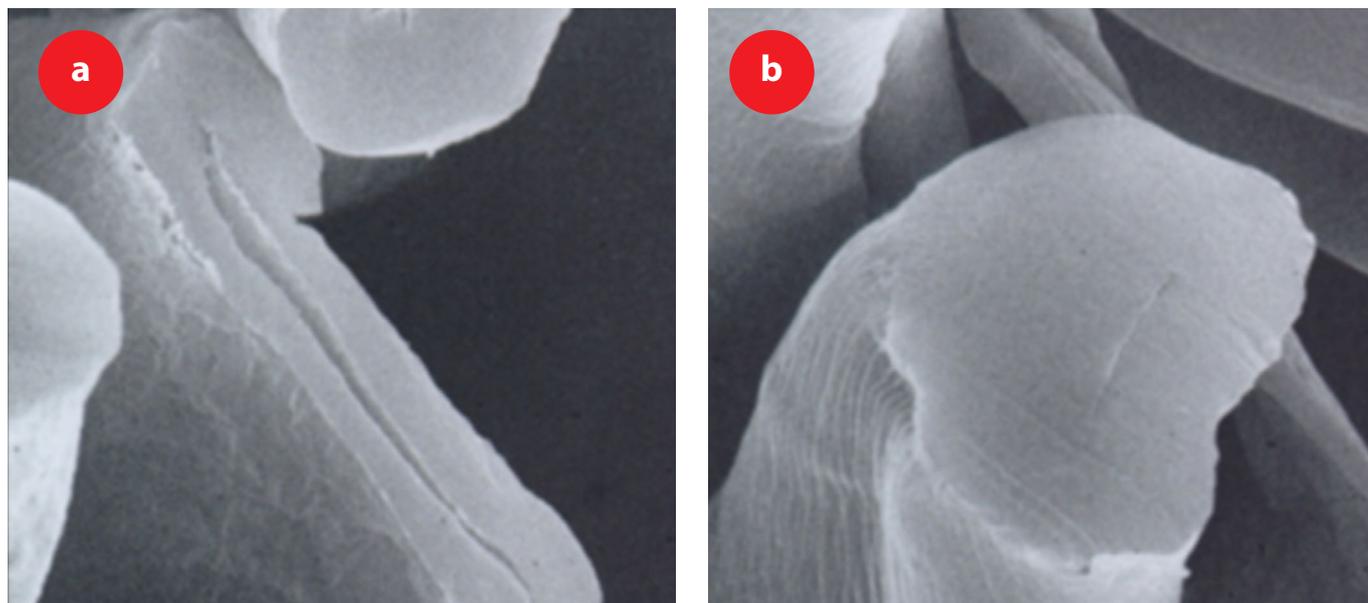


Figura 4. Fibra imatura (a) e madura (b) em corte transversal. (Fotos: Cirad)

Falando de qualidade de fibra, uma fibra imatura apresenta uma resistência individual à ruptura menor que uma fibra madura. Portanto, durante os processos de beneficiamento, essa fibra imatura terá maior probabilidade de quebrar e de **formar fibras curtas** (menores que ½ polegada). Além disso, algodão imaturo apresenta Micronaire (Mic) muitas vezes de valor inferior ao valor recomendado para comercialização (3.5 a 4.8), gerando dificuldades durante os processos industriais de fiação e tecelagem (Neps, problemas de tingimento, etc.)

### 2.2.3. Alguns elementos sobre a fisiologia do depósito de celulose na fibra, e efeito do frio

Haigler (2010) relata que a maturidade da fibra é negativamente correlacionada com baixas temperaturas, principalmente as temperaturas noturnas. Trabalhos da sua equipe

mostram que a 15°C, para diversas variedades americanas, a síntese de celulose ocorre unicamente com 12 a 16% do ritmo de síntese de celulose a 34°C, considerada como temperatura de referência de síntese durante o dia neste experimento. Então, para um fruto da planta chegar à maturidade máxima da fibra **levará mais tempo com temperaturas frias à noite**, podendo ultrapassar 60 dias após fecundação.

Além de ter uma síntese de celulose muito baixa com noites frias (22 a 15°C), aparecem “anéis” nas paredes secundárias das fibras cortadas transversalmente (Figura 5). Isso traduz **diferenças de propriedades físicas** entre a celulose produzida durante o dia e noites com temperaturas baixas. Portanto, ainda não existem indicações claras para saber se uma fibra comportando anéis nas paredes secundárias apresenta ou não menor resistência individual à tração.



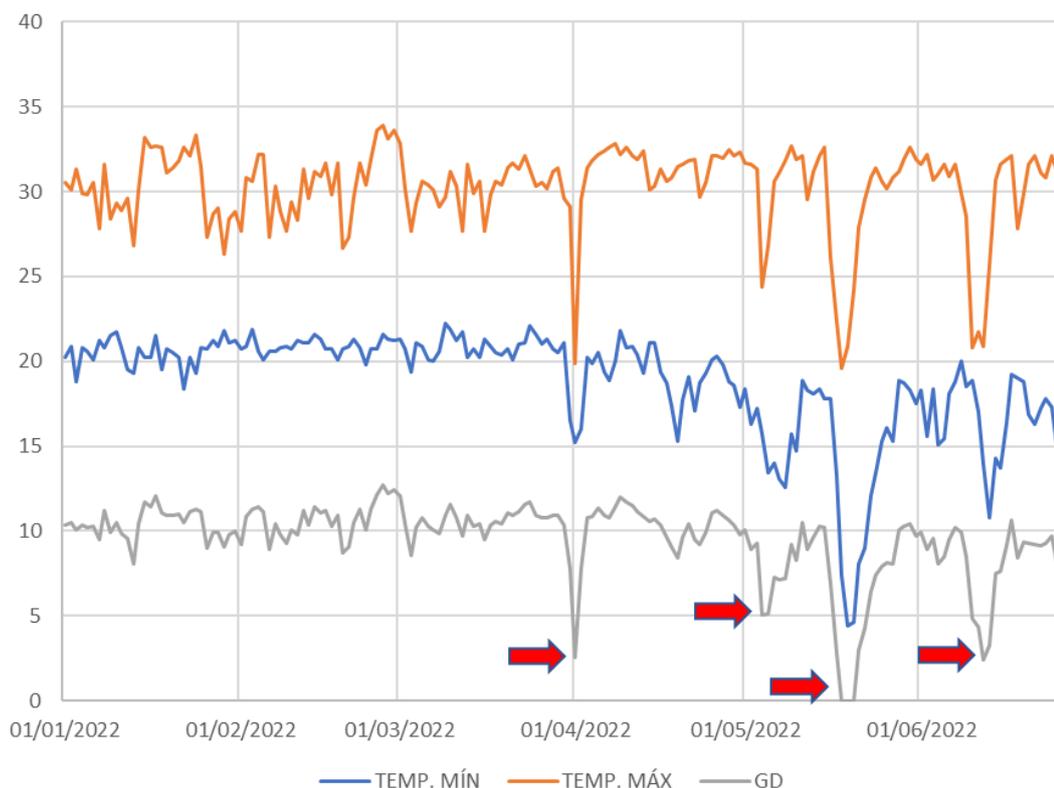
**Figura 5.** 5-anéis nas paredes secundárias de fibra (em corte transversal) produzida com alternância de noites frias (32°C/ 15°C); 8- temperatura constante de 34°C, não mostrando anéis. (Haigler et al., 1991).

O final do período de engrossamento da fibra, com depósitos de celulose nas paredes secundárias, é em parte definido geneticamente, boa parte dependendo das condições de alimentação do fruto por fotoassimilados. Haigler et al. (1996), usando o sistema de cultivo de óvulos in vitro como modelo de desenvolvimento das fibras a campo, mostram uma diferença de comportamento entre cultivares para diversas reações bioquímicas ligada à formação da fibra a baixas temperaturas de 15°C. Esses resultados abrem oportunidade para eventuais trabalhos de modificações ge-

néticas que poderiam melhorar o comportamento da planta em relação ao frio.

Assim, esses poucos elementos de fisiologia de formação da fibra aqui citados podem explicar **diferenças de comportamento entre variedades** quando submetidas a temperaturas sub-ótimas.

Segundo Ramey (1986), a faixa de temperaturas ótimas para o desenvolvimento do comprimento da fibra seria entre 15 e 21°C; porém, para o depósito de celulose nas paredes secundárias, essa temperatura seria de 25°C. As maçãs se desenvolvendo nessas



**Figura 6.** Temperaturas mínimas, máximas e Graus-Dia (base 15°C) ao longo dos meses de janeiro a junho de 2022 (Primavera do Leste-MT).

situações de frio relativo teriam, então, tendência a produzir fibras imaturas. Porém, abaixo de 15°C, essas temperaturas podem atrapalhar o desenvolvimento das fibras e seu comprimento.

### 3. Exemplos de incidência do frio de final de ciclo no Brasil e no mundo nas lavouras de algodão

#### 3.1. Mato Grosso

O levantamento de temperaturas realizado em Primavera do Leste-MT entre janeiro e junho de 2022

(Figura 6) mostra a ocorrência de diversos eventos de frio, ligados à subida de frentes frias vindas do sul do continente sul-americano, com subsequentes danos às lavouras de algodão (Figura 1 e 7). Fora desses picos de baixas temperaturas, as temperaturas noturnas mínimas ficam ao redor ou levemente superiores a 15°C nesses meses de abril a junho.

Depois dessas frentes frias ocorridas em Mato Grosso entre abril e junho de 2022, principalmente a de 16 a 20 de maio de 2022, muitas lavouras apresentaram avermelhamento do dossel (Figura 7).



**Figura 7.** Avermelhamento das folhas depois do frio em PVA (maio de 2022). (Fotos: Jean BELOT)

Esse fenômeno de avermelhamento é típico de resposta da planta a estresses abióticos de diversas naturezas, como explicado por Gade et al. (2013). Esses estresses desencadeiam respostas fisiológicas, como redução de fotossíntese, acumulação de antocianinas e aumento de outros compostos bioquímicos (prolina, peroxidases etc.).

Como relatado por Kumar et al. (2018), a produção de metabólitos secundários pela planta como as antocianinas apresenta funções de proteção dos tecidos foliares contra os efeitos das baixas temperaturas. Porém, tudo isso em detrimento do crescimento da planta e da formação da fibra.

### 3.1.1. A qualidade da fibra da lavoura

Falando da incidência do frio de final de ciclo **na lavoura de algodão**, tanto em relação à produtividade como à qualidade da fibra, é importante lembrar **a complexidade dos fenômenos envolvidos**:

- Primeiramente, precisamos saber exatamente em qual estágio fenológico se encontra a lavoura. Quanto mais tarde o estresse acontecer no ciclo, menor será a incidência de danos. Então, isso irá depender do ciclo da variedade e da sua data de plantio.
- Um **frio moderado** (como os frios de abril ou junho de 2022) terá como incidência principal o atraso do desenvolvimento da planta e da fibra, sem a priori afetar o potencial fotossintético, porém unicamente em situação de alimentação hídrica adequada para o final do ciclo. Não foi esse o caso deste ano de 2022, que, na maioria das regiões, já estava sofrendo com a seca e com grande possibilidade de haver redução ainda maior no peso médio dos capulhos formados depois desses eventos de frio.
- Um **frio rigoroso**, como aquele

verificado de 16 a 20 de maio de 2022, provocou lesões irreversíveis em algumas partes da planta (dessecamento de folhas) com possibilidade de afetar significativamente o potencial produtivo futuro da planta, mesmo em situação de disponibilidade hídrica.

- Em todos os casos, a produção da lavoura e a qualidade da fibra irá depender da **porcentagem de frutos já formados** antes desses eventos de frio. Nos casos dos plantios de safra das regiões sul de Mato Grosso, realizados em dezembro, boa parte da carga já estava formada antes dos estresses, com exceção das variedades muito tardias, com carga de ponteiro. Para os plantios de segunda safra, principalmente aqueles entrando no mês de fevereiro, a situação pode ser mais problemática, com muitos frutos em formação expostos a esses estresses.
- Finalmente, é provavelmente ainda mais complicado separar os efeitos dos estresses de frio recebidos nessa safra 2022 dos efeitos do **estresse de seca**, uma vez que muitas regiões de Mato Grosso sofreram com falta de chuvas já no início de abril e tendo um mês de maio totalmente seco. Com isso, o estresse por frio irá acentuar as consequências negativas do estresse por seca.

Basicamente, o estresse de frio irá aumentar o risco de se reduzir a fotossíntese da planta, além de diminuir a produtividade da lavoura e reduzir a maturidade da fibra.

Vale lembrar que, além de estresse por seca, qualquer outro fator que provoque a desfolha precoce da planta, como ataques intensos de **ácaro rajado, ou ramulária tardia** (Figura 8), terá também efeito sobre a redução da maturidade das maçãs em formação e também sobre a qualidade da fibra.



**Figura 8.** Desfolha precoce devido a ramulária tardia (a), ou ácaro rajado (b). (Fotos: Rafael Galbieri e Jacob Crosariol Netto)

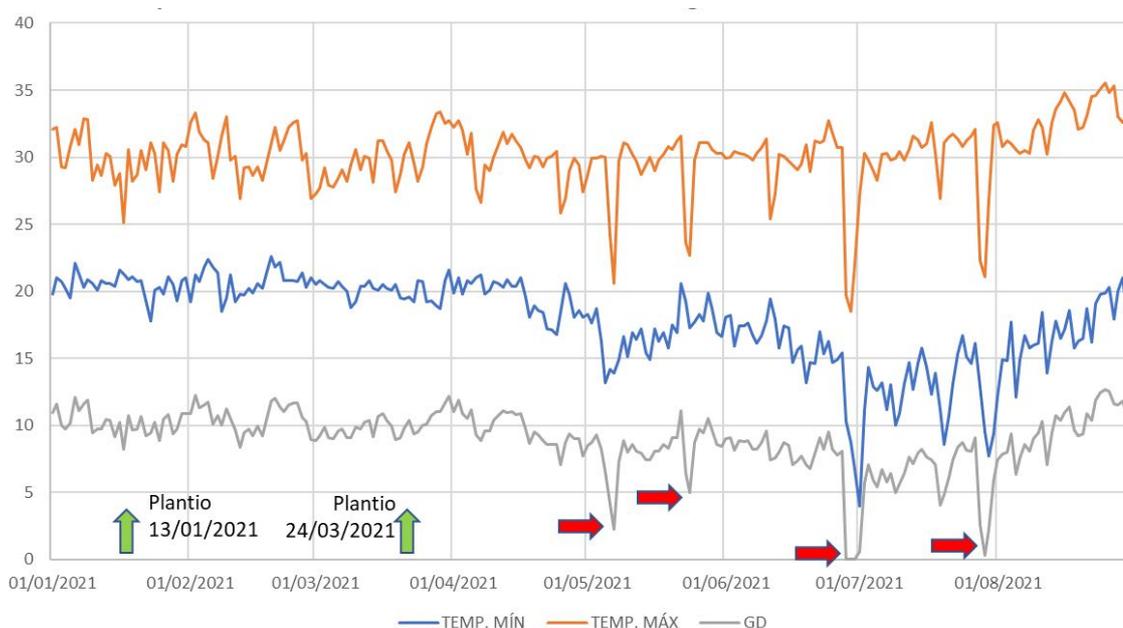
### 3.1.2. Exemplo de incidência de frio em PVA- Ano de 2021

Como exemplo, são apresentados resultados de plantas de algodão da mesma variedade plantada na estação de Primavera do Leste-MT, em 2021.

Em 2021, houve também eventos de frio (4 picos entre abril e agosto de 2021), porém a grande diferença em relação a 2022 é que esses eventos de frio chegaram

quase um mês depois dos frios de 2022 (Figura 9).

As condições de solo foram as mesmas, sem restrição de alimentação hídrica das posições frutíferas colhidas no terço médio da planta. Temos uma comparação entre plantas da variedade TMG 44B2RF plantadas em 13 de janeiro de 2021 e outras plantadas em pivô irrigado em 24 de março de 2021. A diferença principal entre as duas condições de crescimento dos



**Figura 9.** Temperaturas mínimas, máximas e Graus-Dia (base 15°C) ao longo dos meses de janeiro a junho de 2022 (Primavera do Leste-MT).

frutos analisados (capulhos no terço médio das plantas, formados entre 85 e 135 dias após a emergência) foi, então, a condição de temperaturas, já que as maçãs analisadas não sofreram com falta de água durante o seu desenvolvimento. As maçãs

do plantio de 24 de março 2021 sofreram dois estresses de baixas temperaturas muito mais fortes do que as maçãs de 13 de janeiro, além de um acúmulo de temperaturas (GD) inferior, fator que agravou o atraso do ciclo das plantas.

Talhão plantado em situação de safra na estação de PVA.

Variedade TMG 44B2RF - **Data de plantio: 13 de janeiro 2021**- Amostra do 3º médio da planta. Média de 24 amostras.

RF%	LEN	UNF	STR	ELG	MIC	RD	+B	MAT	SCI	SFI
41.90	29.85	80.72	29.80	7.65	4.33	80.78	6.48	85.25	126.67	8.94

*Dados de HVI da UNICOTTON.*

Talhões plantados em pivô na estação de PVA, sem restrição de alimentação em água.

Variedade TMG 44B2RF- **Data de plantio: 24 de março de 2021**- Amostra do 3º médio da planta. Média de 40 amostras.

RF %	LEN	UNF	STR	ELG	MIC	RD	+B	MAT	SCI	SFI
40.80	27.10	79.47	25.69	7.15	3.89	75.71	8.10	84.43	104.80	9.98

*Dados de HVI da UNICOTTON.*

Em relação aos parâmetros de rendimento de fibra (RF%) e de qualidade de fibra HVI obtidos em situação de temperatura "normal", com mínimos noturnos mais próximos de 20°C, a fibra produzida em situação adversa de temperatura foi drasticamente diferente:

- Como previsto, o ciclo da planta se alongou muito (de pelo menos 20 dias).
- O rendimento de fibra (RF) foi reduzido significativamente, em mais de 1%, traduzindo uma mudança de equilíbrio entre a formação da fibra e a do caroço, devido talvez a um maior dreno para as sementes em detrimento da fibra.
- Redução drástica do Micronaire da fibra (MIC), de 4,33 a 3,89. Tratando-se da mesma variedade, podemos concluir que essa redução de Micronaire traduz diretamente a redução de maturidade e de depósito de celulose nas paredes secundárias. Em

decorrência disso, houve aumento do índice de fibras curtas (SFI- short fiber index), devido a uma menor resistência individual das fibras durante o descarçamento.

- Redução drástica do comprimento (LEN) e da resistência da fibra (STR), com os estresses de frio tendo aparentemente prejudicado os processos de alongamento celular (ligados ao comprimento) e de estrutura da celulose.

Esses resultados tratam da incidência do frio sobre capulhos formados em posições pré-determinadas na planta. Em nível da colheita de um talhão, tratando-se de uma mistura de muitas plantas e de muitas posições diferentes, com histórico de maturação diferente, **nunca teremos incidência tão drástica sobre a produção de fibra e sua qualidade**. Porém, temos as tendências daquilo que pode acontecer, principalmente com os plantios de segunda safra tardios. Lembrando

também que, em nosso caso, não houve interação com estresse hídrico, como acontece nos plantios tardios de segunda safra de sequeiro.

### 3.1.3. Temos ferramentas para mitigar os efeitos do frio?

Algumas publicações mostraram anteriormente que, no algodão, também existe efeito genético sobre diversos mecanismos bioquímicos envolvidos com a tolerância a baixas temperaturas. Isso significa que é possível que se observem diferenças de comportamento e de intensidade de sintomas **entre variedades**, nas mesmas condições ambientais.

O efeito genético deixa aberta a possibilidade de melhorar geneticamente as variedades para o estresse de frio. No entanto, nenhum trabalho desse tipo foi realizado com as variedades comerciais cultivadas atualmente nos cerrados brasileiros. Portanto, **é pouco provável que encontremos diferenças significativas de comportamento entre as variedades comerciais atuais em relação à tolerância ao estresse de baixa temperatura de final de ciclo.**

De outro lado, muitos trabalhos (Godoy et al., 2021; Zafar et al., 2018; El Sherry, 2020) mencionam a possibilidade de que algumas moléculas (metabólitos primários e secundários, como prolina, betaína, ácido ascórbico, reguladores de crescimento ou até aplicações de nanopartículas) pulverizadas nas plantas poderiam proporcionar certa proteção a diversos estresses, inclusive baixas temperaturas.

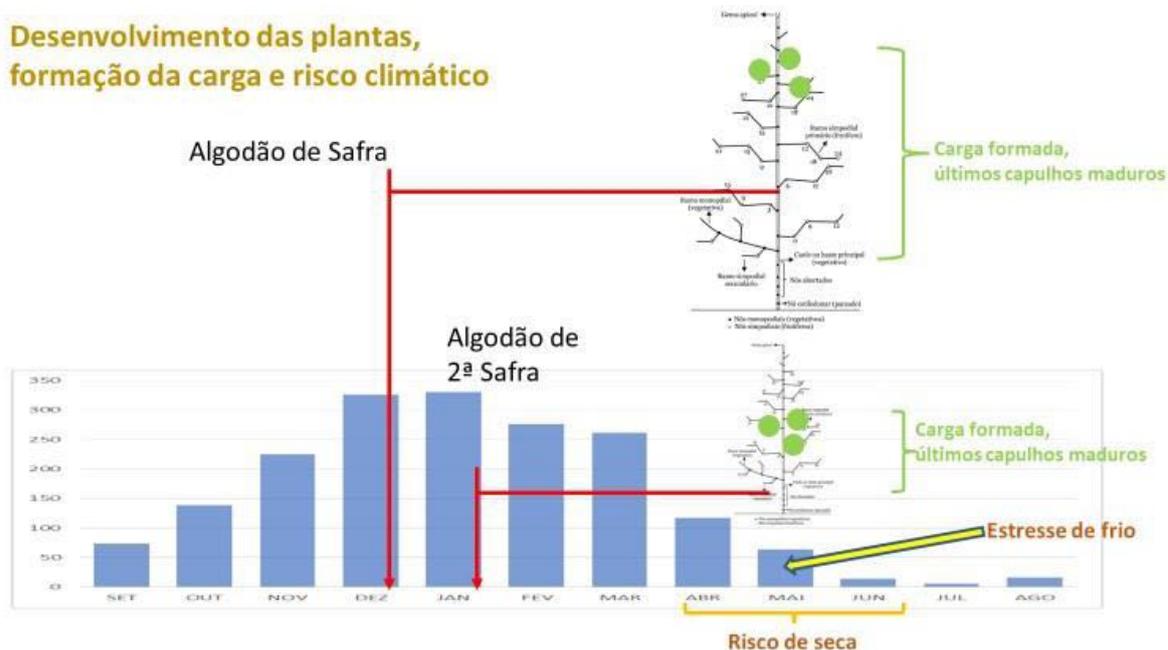
Porém, recomendamos muito cuidado em relação a esses trabalhos. Por enquanto, se trata de resultados de pesquisa científica mostrando a implicação dessas moléculas na proteção ou indução da proteção da planta ao estresse. Isso não quer dizer que a pulverização dessas moléculas a campo, mesmo observando modificação de sintomas nas plantas, irá proporcionar maior produtividade.

Observações pontuais sobre talhões após pulverização de produtos supostamente eficientes para proteger do frio não comprovam, de forma nenhuma, que isso terá incidência positiva sobre a produtividade final e/ou na qualidade da fibra. Para afirmar isso, seria preciso haver resultados de pesquisa consistentes, ainda não disponíveis, ao menos para as nossas regiões produtoras de algodão.

A partir dessas considerações, temos pouco a esperar da escolha das variedades ou de pulverizações do dossel para reduzir o impacto potencial desses frios de final de ciclo. Temos que **encontrar soluções nas estratégias de escape**, posicionando melhor a cultura em função de nossas condições edafoclimáticas.

### 3.1.4. Riscos climáticos do cultivo de algodão nos cerrados e algumas estratégias de escape.

Com a possibilidade de chegada de frentes frias ao Mato Grosso já no início de abril, como aconteceu em 2022, fica claro que o sistema de segunda safra do algodão é o mais exposto, como resumido na Figura 10.



**Figura 10.** Interações entre estresses de final de ciclo em algodão de safra ou de segunda safra.

É preciso fazer uma avaliação do risco de uma cultura de segunda safra, não somente em relação à chuva esperada em cada região de produção, mas também sobre a possibilidade de ocorrerem baixas temperaturas em abril e maio, juntamente com o risco de falta de chuvas no final do ciclo da planta.

Deve-se buscar ter na lavoura, quando chega o mês de maior risco de baixas temperaturas (possivelmente maio), a maioria da carga formada, com capulhos maduros, favorecendo os plantios precoces da 1ª quinzena de janeiro, e/ou utilizando variedades precoces, e/ou privilegiando o pegamento do baixeiro. É questão de equilíbrio entre precocidade genética (sobre isso, vale lembrar que nem sempre é verdadeira a relação de que quanto mais precoce é o material, menor seu potencial produtivo), favorecimento do pegamento do baixeiro e definição da época de corte fisiológico, fatores estes que dependem principalmente do manejo agrônomo.

### 3.2. USA- Texas High Plain

As altas planícies do noroeste do estado do Texas apresentam condições de temperaturas noturnas relativamente baixas, como acontece em várias regiões de produção de Mato Grosso.

Portanto, é interessante lembrar que foram publicados sobre essa região diversos estudos sobre o efeito de baixas temperaturas de início e final de ciclo, em particular por Holaday et al. (2016). Nessas regiões, a data de plantio adequada ocorre em maio. Em abril, o cultivo pode ser submetido a temperaturas baixas no início do ciclo; e nos plantios de junho e julho, temperaturas baixas de final de ciclo.

O gráfico de produtividades médias de diversas parcelas cultivadas com a mesma variedade, em condição de sequeiro ou irrigadas, entre 2012 e 2014, mostra que os frios de final de ciclo podem ser responsáveis por reduções drásticas de produtividade de fibra por hectares (Figura 11).

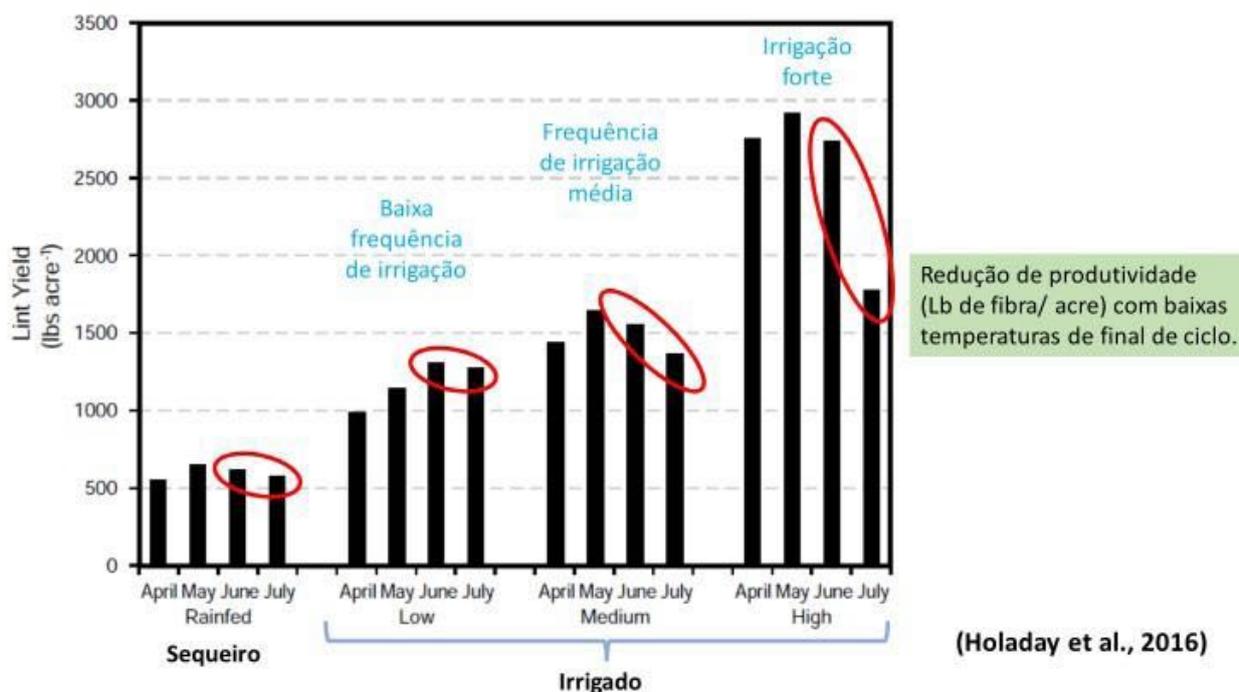


Figura 11. Redução de produtividade de fibra devido a frios de final de ciclo. Lubbock-TX (2012 a 2014)

Ademais, esse estudo mostra a interação importante da alimentação em água das parcelas com esses frios de final de ciclo.

#### **4. Considerações finais**

Danos de frio de final de ciclo em algodoeiro aconteceram em 2021 e 2022, porém já em 2017, na região de Sapezal, foram registrados danos no dossel em alguns talhões no mês de julho. Subidas de massas de ar polar até o noroeste do estado de MT durante o inverno não são incomuns. Talvez o que parece ter mudado nesses dois últimos anos é a intensidade desses frios e a frequência desses eventos, e o fato de que eles chegaram mais cedo!

Frio de final de ciclo pode afetar a produtividade da lavoura, reduzindo o peso médio dos capulhos em formação. O primeiro efeito de temperaturas mais baixas é o alongamento do ciclo da planta. Porém, pode haver incidência sobre a qualidade da fibra, atrapalhando o depósito de celulose (e incidência sobre o Micronaire), assim como o comprimento e a resistência da fibra, principalmente quando o atraso do ciclo da planta irá acentuar o problema de alimentação hídrica da planta.

O frio afeta o desenvolvimento dos frutos, porém não os capulhos já formados. Por isso, a época de plantio, em interação com o ciclo das variedades usadas (ou a capacidade delas de reter as primeiras posições), é o elemento

chave a ser alinhado em cada região ou fazenda, assim como o período de corte fisiológico da planta, a fim de reduzir a probabilidade de ter problemas com esses frios de final de safra.

Em nossas condições de cultura algodoeira nos cerrados, temos que ter o cuidado de não confundir os efeitos da falta de água no final do ciclo com os efeitos do frio. E em relação ao que aconteceu durante a safra de 2021/22, com muitas regiões que vinham sofrendo de seca, já afetando produtividade e maturidade da fibra, o frio foi só um elemento a mais para piorar as coisas.

A probabilidade de se produzir uma fibra pouco madura deve conduzir os produtores a prestarem maior atenção aos processos de beneficiamento, a fim de limitar, o quanto possível, a geração de fibras curtas durante essa etapa industrial.

O risco climático (variabilidade de distribuição de chuvas, e de temperaturas) sempre vai existir e talvez aumentar nas próximas décadas, mesmo para o estado de Mato Grosso, que historicamente apresenta relativamente boa estabilidade climática. Mitigar o risco ligado a baixas temperaturas de final de ciclo em Mato Grosso envolve, prioritariamente, a escolha do tipo de sistema de produção (safra ou segunda safra), a escolha do ciclo da variedade e o manejo da cultura (escolha da data do corte fisiológico da planta).

## 5. Referências Bibliográficas

BURK, J.J.; WANJURA, D.F. plant responses to temperature extremes. In: Stewart J.McD et al. (Eds). **Physiology of cotton**. Springer Science + Business Media B.V. 2010. Capítulo 12. 123-128.

ELSHEERY, N.I.; SUNOJ, V.S.J.; WEN, Y.; ZHU, J.J.; MURALIDHARAN, G.; CAO, K.F. Foliar application of nanoparticles mitigates the chilling effect on photosynthesis and photoprotection in sugarcane. **Plant Physiol. Biochem.** 149: 50-60. 2020. doi: 10.1016/j.plaphy.2020.01.035

GADE, R. M.; TANWAR, R.K.; JEYAKUMAR, P.; KANVAR, V. Leaf reddening and its management in cotton. **Technical Bulletin** 30. National Center for Integrated Pest Management. New Delhi. India. 2013. 16pp.

GODOY, F.; OLIVOS-HERNANDEZ, K.; STANGE, C.; HANDFORD, M. Abiotic stress in crop species: improving tolerance by applying plant metabolites. **Plants**, 10, 186. 19pp. 2021. <https://dx.doi.org/10.3390/plants10020186>

HAIGLER, C.H., RAO, N.R.; ROBERTS, E.M.; HUANG, J.-Y.; UPCHURCH, D.R.; TROLINDER, N.L. Cultured ovules as models for cotton fiber development under low temperatures. **Plant Physiol.** 95:88-96; 1991.

HAIGLER, C.H.; HOLADAY, A.S.; MARTIN, L.K.; TAYLOR, J.G. Mechanisms of cool temperature inhibition of cotton fiber cellulose synthesis. pp. 1174-1175. In: **Proc. Beltwide Cotton Conf.**, National Cotton Council of America, Memphis, Tenn. 1996.

HAIGLER, C.H. Physiological and anatomical factors determining fiber structure and utility. In: Stewart J.McD et al. (Eds). **Physiology of cotton**. Springer Science + Business Media B.V. 2010. Capítulo 4. 33-45.

HOLADAY, A.S.; MAHAN, J.R.; PAYTON, P. Effects of chilling temperatures on photosynthesis. **The Journal of Cotton Science**, 20:220-231. 2016.

KUMAR, V.; SUMAN, U.; RUBAL; YADAV, S.K. Flavonoid secondary metabolite: 2 Biosynthesis and role in growth and development in plants. In: S. K. Yadav et al. (eds.), **Recent Trends and Techniques in Plant Metabolic Engineering**, Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2018. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-2251-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-13-2251-8_2)

MAUNEY, J.R.; STEWART, J.M.. **Cotton Physiology**. The Cotton Foundation, Memphis, Tenn. USA.1986. 786pp.

RAFAEL, J.A.P.; ECHER, F.R. Clima e fenologia do algodoeiro em diferentes regiões produtoras do Brasil. In: ECHER e ROSOLEM (Edt Técnicos). **Fisiologia aplicada ao manejo**. Boletim de P&D, nº 6. IMAMt; Cuiabá- MT. 2022. 262pp.

RAMEY, H.H. Stress influences on fiber development. In: In: J.R. Mauney and J.M. Stewart (eds.). **Cotton Physiology**. The Cotton Foundation, Memphis, Tenn. 1986; Capítulo 24, pp: 351- 360.

ROSOLEM, C.A. Crescimento do algodoeiro. In: Belot e Vilela (Edt Técnicos). **Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso**. IMAmt; Cuiabá- MT. 2022. 461 pp.

STEWART, J.M.; OOSTERHUIS, D.; HEITHOLT, J.J. **Physiology of cotton**. Springer Science + Business Media B.V. 2010. 563pp. DOI 10.1007/978-90-481-3195-2

ZAFAR, S.A.; NOOR, M.A.; WAQAS, M.A.; WANG, X.; SHAHEEN, T.; RAZA, M.; RAHMAN, M. Temperature Extremes in Cotton Production and Mitigation Strategies. in: **Past, Present and Future Trends in Cotton Breeding**- INTECH, 2018. Capítulo 4. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.74648>

ZHAO, J.; LI, S.; JIANG, T.; LIU, Z.; ZHANG, W.; JIAN, G.; QI, F. Chilling stress—The key predisposing factor for causing alternaria alternata infection and leading to cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaf senescence. **PLoS ONE**, 7 (4) e36126. 11pp. 2012.



REALIZAÇÃO



INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO

