

## Agosto de 2015

Publicação periódica 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**  
imamt@  
imamt.com.br

**Tiragem**  
2000 exemplares



## Umidade e qualidade no beneficiamento do algodão

Jean-Luc Chanselme<sup>1</sup>, Jean-Louis Belot<sup>2</sup>, Sérgio Gonçalves Dutra<sup>3</sup>

**A umidade do algodão** é um fator essencial na gestão da colheita e do beneficiamento. Na colheita, permite determinar o momento adequado para iniciar a colheita ao longo do dia e o momento de parar, quando a umidade da fibra volta a subir além do limite definido. Na usina de beneficiamento, o controle da umidade do algodão é necessário para a gestão do processo de abertura dos módulos, agrupando os de mesmo teor de umidade. A medição da umidade dos módulos de algodão em caroço, antes do beneficiamento e durante o beneficiamento, é indispensável para a decisão e o controle da secagem. No decorrer do processo, as medições são neces-

sárias ao manejo da umidificação do algodão em caroço e da fibra antes da prensagem.

### 1. FUNDAMENTOS DA GESTÃO DA UMIDADE NO BENEFICIAMENTO

As algodoeiras no Brasil recebem matéria-prima com níveis de umidade muito variáveis (de 4 a 20%). Tal variabilidade se explica pelas condições de umidade na colheita, pela influência de fatores climáticos (chuvas e umidade do ar), condições de armazenamento e proteção dos módulos de algodão em caroço.

O algodão em caroço com umidade alta pode ocasionar embuchamentos e danos

(1) Cotimes do Brasil, Cascavel-PR, Email: jean@cotimesdobrasil.com.br

(2) Pesquisador do Instituto Mato-grossense do Algodão (IMAmt). Email: jeanbelot@imamt.com.br

(3) Consultor técnico

aos equipamentos, dificultando a abertura dos módulos, impedindo que o algodão seja adequadamente limpo, resultando em rendimentos de fibra baixos e fibra de aspecto encarnado, com baixa classificação comercial. O algodão seco demais irá gerar eletricidade estática e embuchamentos. Limpar-se-á facilmente, mas as quebras de fibra serão frequentes, sob efeito dos tratamentos mecânicos violentos no descarçador e no limpador de pluma. A fibra seca também dificultará a prensagem e resultará em produtividade menor e custo de beneficiamento mais alto.

A gestão da umidade do algodão é imprescindível para o bom funcionamento do processo de beneficiamento e para a qualidade da fibra produzida, sendo baseada na secagem do algodão em caroço visando facilitar sua abertura e limpeza, bem como na umidificação do algodão em caroço antes da entrada no descarçador para proteção da fibra e a umidificação da fibra antes de prensá-la, para facilitar a prensagem e aumentar o peso dos fardos.

### 1.1 A UMIDADE DO ALGODÃO EM CAROÇO

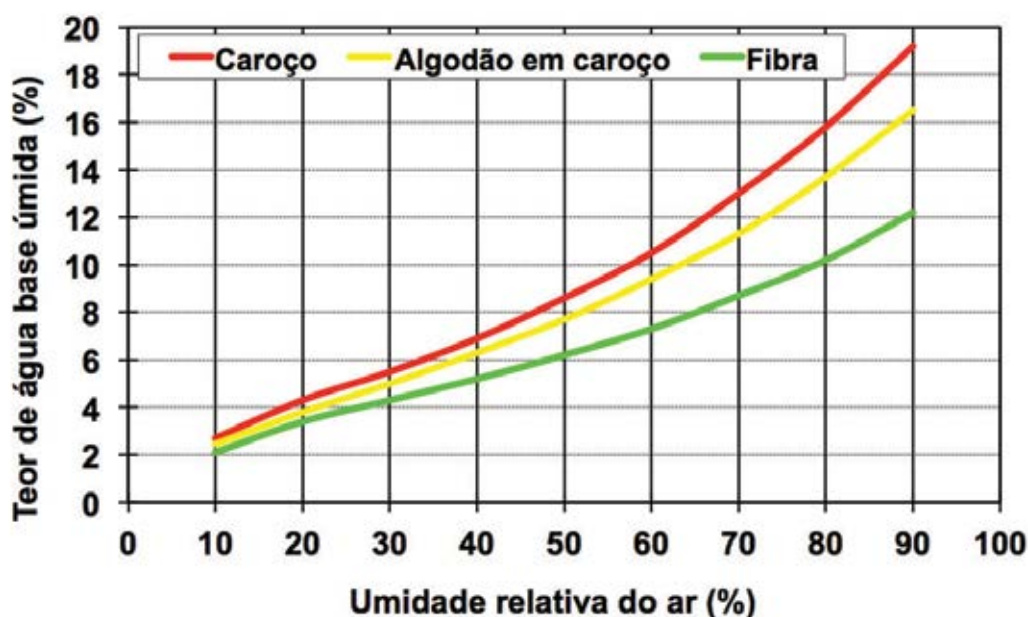
A troca de água com o ambiente possibilita o controle da umidade do algodão durante o processo de beneficiamento. É importante poder levar essa umidade aos diversos níveis adequados para a limpeza do algodão em caroço, a separação das fibras do caroço e a limpeza da fibra. O controle da umidade no decorrer do processo gera lucro, pela eficiência do beneficiamento (produtividade) e pela qualidade da fibra produzida.

### Por que varia a umidade do algodão?

O algodão em caroço é composto de fibras e caroço, dois componentes que trocam naturalmente e permanentemente umidade com o ambiente até atingir um ponto de equilíbrio, o equilíbrio higroscópico. Nesse ponto de equilíbrio, uma determinada umidade relativa do ar corresponde a uma umidade da fibra e a uma umidade do caroço. A Figura 1 mostra a variação do teor de umidade do caroço, da fibra e do algodão em caroço, em função da umidade relativa do ar. Por exemplo, a fibra deixada numa condição de temperatura de 21° C e 60% de umidade relativa do ar, a mesma alcançará uma umidade de equilíbrio de 7,2%, e o caroço de 10,5%. O teor de umidade do algodão em caroço ficará entre os dois e depende da proporção de fibra (40%, no caso da figura). Baixando-se a umidade relativa para 30% (nível muito frequente durante a safra brasileira), o teor de umidade da fibra baixará para 4,2%.

A troca de umidade com o ambiente é muito mais rápida no caso da fibra (horas) do que do caroço (dias). O controle da umidade durante o beneficiamento é feito em períodos muito curtos (segundos), portanto refere-se essencialmente à fibra. O teor de umidade das sementes não é alterado. No caso dos resíduos grandes o teor fica alterado apenas na superfície.

Temperatura e umidade relativa do ar variam constantemente no decorrer do dia. Com a redução da temperatura, à noite, a umidade relativa do ar aumenta e vice-versa (Figura 2). A rapidez da troca de água entre o ar e a fibra resulta numa variação da sua umidade no de-



**Figura 1.** Equilíbrio higroscópico do algodão. (Fonte: USDA, 1977)

## Primavera do Leste- MT; 13 de Agosto de 2015

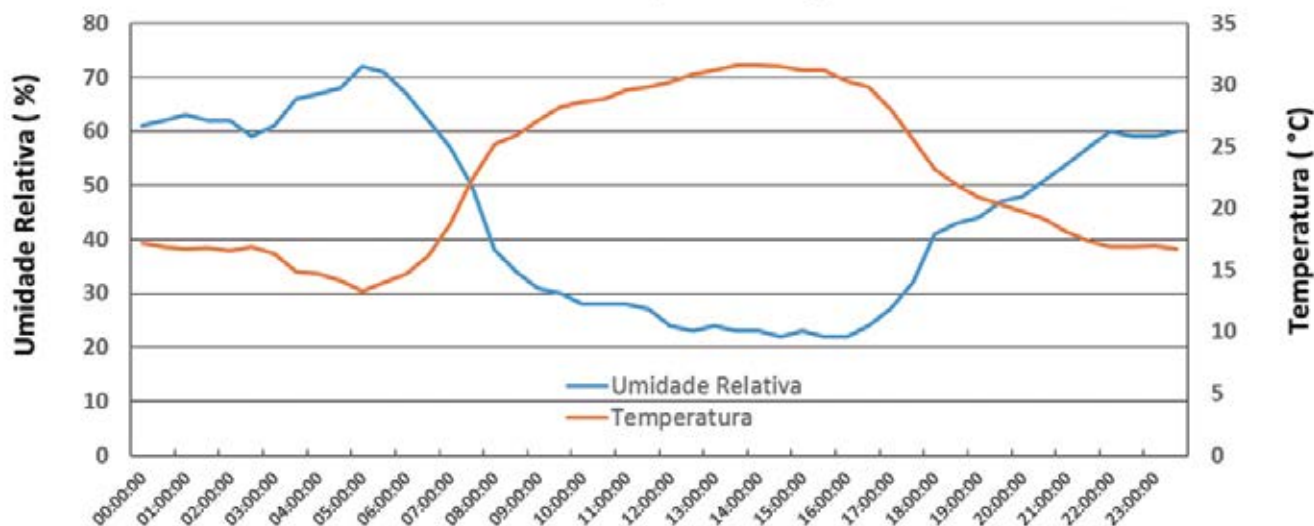


Figura 2. Variações diárias da temperatura e da umidade relativa do ar. (Estação Experimental IMAmt, 2015)

correr do dia, com possibilidade de atingir níveis bastante altos ou baixos. É muito comum ouvir operadores das usinas de beneficiamento falarem que o funcionamento da usina é melhor no período noturno. A explicação é que o ambiente condiciona naturalmente a fibra, umidificando-a e eliminando os problemas devidos à eletricidade estática, deixando-a em melhores condições para o descarçador e mais fácil de ser prensada.

A gestão da umidade do algodão no beneficiamento deverá levar em conta essas variações. Para tanto é necessário medir regularmente a umidade relativa do ar e ir ajustando à necessidade de secagem ou de umidificação.

### Medidores de umidade do algodão

Na usina de beneficiamento, esta medição ajuda muito a preservar a qualidade da fibra, com maior produtividade, qualidade e lucro máximo. O respeito às normas relativas à umidade determinadas pela pesquisa exige equipamentos de precisão e qualidade, utilizados com métodos adequados.

O medidor de umidade do algodão é um instrumento eletrônico de medição do teor de água do algodão em caroço, da fibra ou do caroço. Na ausência de sensores de umidade instalados em pontos-chave do processo de beneficiamento na usina, como parte de um sistema automatizado de secagem e umidificação, para a gestão da umidade do algodão as medições devem ser feitas manualmente, com medidores portáteis.

Os medidores portáteis utilizados no campo e nas algodoeiras utilizam resistência elétrica. O instrumento calcula a umidade da matéria a partir da resistência a uma corrente elétrica, que aumenta quando a umidade do algodão colocado em contato com dois eletrodos diminui. Uma imprecisão de +/- 1 ponto de umidade deve ser considerada com medidores de resistência. Vários fatores impactam o resultado da medição, tais como, as matérias

estranhas, a temperatura e a densidade da amostra.

No caso das medições da umidade do algodão em caroço, é a fibra que está em contato com os eletrodos e sua umidade é que é realmente medida. Por isso, apesar dos fabricantes recomendarem a medição do algodão em caroço, com uma escala específica, muitos especialistas utilizam somente a escala para fibra. E o que interessa no processo de limpeza do algodão em caroço ou para proteger a fibra contra as agressões mecânicas do descarçador e do limpador de pluma é a umidade da fibra. A princípio, a escala fibra é suficiente para a gestão da secagem e da umidificação do algodão em caroço.

Os equipamentos baseados no princípio da resistência elétrica são os mais usados no beneficiamento do algodão no Brasil. São de fabricação americana, importados, como alguns modelos de agulha ou digitais (Figura 3). A disponibilidade de instrumentos similares nacionais não é permanente.



Figura 3. Medidores de agulha e digital. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

Estes equipamentos possuem acessórios periféricos, chamados de eletrodos, que são acoplados, diretamente no aparelho ou por meio de cabos, de acordo com o tipo de medição ou material que será medido.

Além dos eletrodos clássicos de tipo copo e ponteiros, alguns medidores possuem eletrodo de tipo bastão longo, adaptado para medições da umidade de algodão em caroço dentro dos módulos, principalmente para decisão de armazenagem. A introdução é difícil e a matéria em contato com os eletrodos não é visível, o que pode provocar sérios problemas de confiabilidade da medição, especialmente no caso de módulos com alto teor de resíduos.

### Metodologia de uso dos medidores de umidade

O algodão dentro do fardo, bem como no fluxo dentro do processo de beneficiamento, é heterogêneo. Por isso é necessário repetir as medições e trabalhar com a média. Quando feitas manualmente, o número de medições deve representar uma boa relação entre precisão e custo. Por experiência, recomenda-se o mínimo de 10 medições, bem repartidas para conseguir uma estimativa de umidade suficientemente precisa do módulo de algodão em caroço. Enquanto três medições permitem obter uma média bastante precisa da umidade da pluma de um fardo comercial.

Para monitorar a umidade no decorrer do tempo, em vários pontos do processo de beneficiamento e assim controlar a secagem e a umidificação, uma medição a cada 30 minutos é um bom referencial.

Dentro do processo de beneficiamento, as medições da umidade do algodão em caroço são feitas com copo metálico (Figura 4) e nos seguintes lugares:

- Na fita do desmanchador de módulos, para a decisão de secagem. Neste ponto, o algo-

do em caroço é mais aberto, homogeneizado e com menos sujeira do que no fardo que veio da lavoura;

- Na saída da primeira etapa de pré-limpeza, para controlar a eficiência da secagem;
- Na entrada do descarçador (saída do alimentador), para manejar a umidificação do algodão em caroço.

Com o copo, e para evitar troca de água com o ambiente, antes da medição, a amostra deve ser rapidamente introduzida nele, após ter sido rapidamente sacudida, para tentar eliminar o máximo de contaminantes. O material a ser medido deve ser colocado dentro do copo, em quantidade suficiente para transbordar na superfície, e mantido sob alguma pressão durante a medição, os volumes de amostra e a pressão em cada medição devem ser constantes para obtenção de resultados confiáveis.

Já para a fibra, a medição é efetuada na prensa ou no fardo comercial, para controlar a eficiência da sua umidificação. Para medir manualmente a umidade da fibra no fardo, utilizam-se as ponteiros (Figura 5). O comprimento recomendado é de 20 a 30 cm para permitir medir a umidade no coração do fardo. A medição se faz nos laterais do fardo, onde fica mais fácil das ponteiros entrarem entre as camadas de fibra. É recomendado que as duas ponteiros estejam em contato com duas camadas distintas.

Com as ponteiros, é importante cuidar para que haja uma penetração equivalente a cada medição, suficiente para uma medição no centro do fardo. A base das ponteiros, geralmente o ponto de fixação não-isolado, não deve entrar em contato com a fibra.

É recomendado medir sempre nas mesmas condições, para evitar variações devido a influência do procedimento do operador e da temperatura do algodão.

**Figura 4. (esq.)**  
Eletrodo copo.  
(Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)

**Figura 5. (dir.)**  
Eletrodo ponteira.  
(Fonte: Cotimes do Brasil, 2011)



## 1.2 SECAGEM E UMIDIFICAÇÃO

### A secagem do algodão em caroço

Os objetivos da secagem do algodão são de reduzir e homogeneizar a umidade da fibra, facilitando a abertura e a limpeza do algodão em caroço, evitando os embuchamentos.

Os dispositivos de secagem existentes utilizam aquecimento do ar por queimadores a gás, trocador de calor a vapor e queimadores a lenha. O dispositivo típico de secagem recomendado para os algodões colhidos mecanicamente é constituído de um ou dois conjuntos com queimador, tubulações, secador, batedor inclinado com sucção e ventiladores.

O nível de umidade da fibra recomendado para limpar o algodão em caroço é de 4 a 5%. Preferencialmente, deve-se realizar a secagem com grandes volumes de ar e tempo de contato longo, no lugar de fazê-la com temperaturas elevadas. A relação ar/algodão a ser utilizada é de 1,9 a 3,1 m<sup>3</sup>/kg, com velocidades de 22 a 25 m/s nas tubulações e 7,5 a 10 m/s nas torres de gavetas. O sistema deve ser desenhado e dimensionado para eficiência com temperaturas de 70 até 120° C, e ter boa vedação e isolamento térmico

### A umidificação do algodão em caroço

O objetivo da umidificação do algodão em caroço é devolver umidade à fibra, para que ela possa suportar melhor as agressões mecânicas do descaroçador e do limpador, e assim minimizar as quebras de fibra. A importância dessa operação para a preservação da qualidade da fibra está sendo abordada na segunda parte deste documento.

### A umidificação da fibra antes da prensagem

Os objetivos da umidificação da fibra antes da prensagem são de aumentar o peso dos fardos e o rendimento do beneficiamento, e, ao mesmo tempo, melhorar o

funcionamento da prensa, diminuindo a pressão hidráulica necessária à prensagem em até 40%, resultando em menor tempo de prensagem e solicitação mecânica da prensa, redução dos picos de amperagem, melhor qualidade da amarração e maior peso médio dos fardos.

Os dispositivos recomendados para umidificação consistem em colocar a manta de fibra em contato com água na forma de vapor e não na forma líquida. Trata-se de umedecer e não molhar. O ar úmido atravessa a manta dentro do condensador ou durante a sua descida na bica. O ar quente e úmido é gerado com queimadores a gás e atomizadores de água, e soprado por tubulações isoladas até o ponto de aplicação. Várias usinas usam vapor de caldeira isoladamente ou combinada com umidificador a gás, e conseguem uma umidificação eficiente. Os dispositivos de aspersão molham a manta sem umidificá-la de maneira homogênea, não proporcionando vantagens na prensagem, apresentando risco para a qualidade da fibra e, desta forma, não são recomendados.

O nível de umidade de fibra máximo permitido comercialmente nos fardos é de 8%. A umidificação da fibra gera diretamente e indiretamente ganhos de centenas de milhares de reais e sempre traz retorno em termos de qualidade (Figura 6).

## 2. A UMIDIFICAÇÃO DO ALGODÃO EM CAROÇO NO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO

### 2.1 JUSTIFICATIVA E PRINCIPIO

A fibra de algodão tem, na sua base, uma porção fina, onde ocorre normalmente o rompimento quando a força de separação da fibra do caroço é aplicada, porém o tratamento mecânico no descaroçador exerce forças que podem provocar um rompimento em outro lugar, reduzindo assim o comprimento da fibra separada e criando fibras curtas. A força necessária para romper a fibra em qualquer lugar fora de sua base aumenta com a umidade (Figura 7). Pode-se simplesmente dizer que a umidade

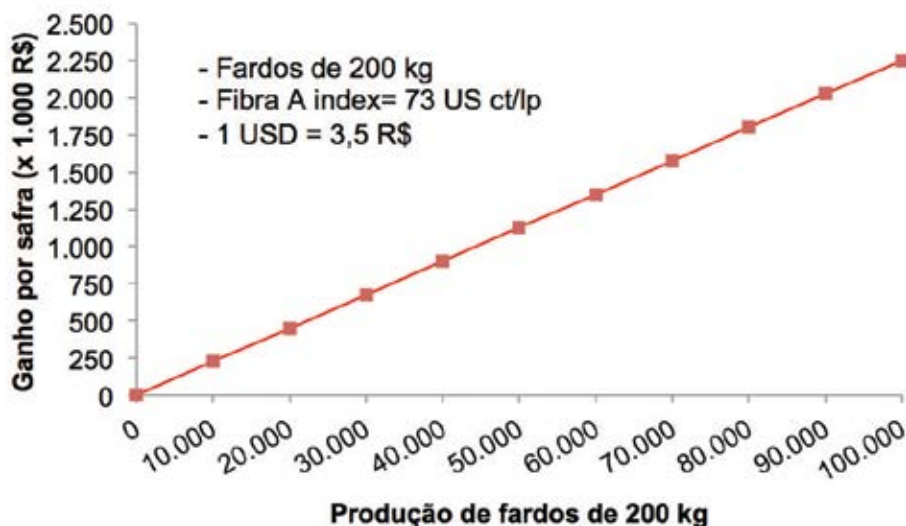
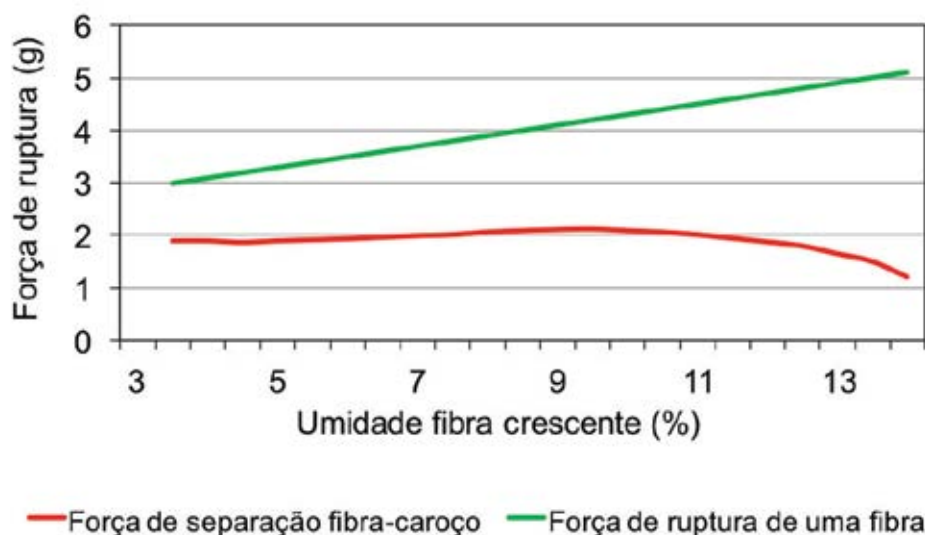


Figura 6. Ganho por safra pelo aumento de umidade do fardo por 2 pontos percentuais. (Fonte: Cotimes do Brasil, 2012)

**Figura 7.**  
Umidade de  
fibra e ruptura.  
(Fonte:  
USDA, 2001)



protege o comprimento da fibra, reduzindo o risco de rompê-la.

Para proteger a fibra nos descaroçadores e limpadores de pluma, conseguir bom comprimento e reduzir a taxa de fibras curtas, é interessante ter a umidade mais alta possível. Vários estudos nos EUA mostram claramente o efeito benéfico da umidificação do algodão em caroço sobre a preservação dos parâmetros de comprimento. **A cada aumento de 1 ponto percentual de umidade da fibra na entrada do descaroçador, o comprimento comercial aumenta de 0.4 à 0.7 mm e a taxa de fibra curta baixa de 1% (Anthony, 2004).**

## 2.2 REALIDADE NO BRASIL

No Brasil, uma grande parte da produção de algodão é colhida durante períodos de baixa umidade e chega na algodoeira com uma umidade de fibra de 3 a 6%. A fibra que passa por uma secagem adequada na pré-limpeza chega ao descaroçador com umidade de até 5%, que é ainda insuficiente para um descaroçamento adequado.

Algumas usinas modernas são equipadas com sistemas de umidificação do algodão em caroço, aproveitando o vapor de caldeira, com muitas limitações. O dimensionamento, as técnicas de aplicação de vapor no algodão, as normas de gestão da umidade e a automação de todo o processo ainda não são suficientemente dominados pelos fabricantes e pelos gestores das usinas. Nem sempre é utilizado o isolamento térmico das tubulações que levam o ar quente até os pontos de aplicação, o que diminui significativamente o rendimento e a eficiência do processo. Várias usinas modernas e a quase totalidade das usinas antigas não estão equipadas para umidificar o algodão antes da entrada

no descaroçador. No caso das usinas antigas, nem existe espaço suficiente para instalar o dispositivo de aplicação de vapor ou ar úmido.

Medições realizadas durante o funcionamento de rotina de mais de 40 usinas do país, mostram uma certa variabilidade da umidade da fibra na entrada no descaroçador, mas 95% dos dados ficam entre 4.7 e 6.0%, com uma média de 5.4%. São umidades baixas, que resultam em perdas de qualidade do ponto de vista comercial, devido a menor uniformidade e aumento da taxa de fibras curtas.

O mercado ainda valorizava pouco as características de comprimento de fibra do algodão brasileiro, ao contrário de outras origens. Isso pode explicar a falta de motivação e conscientização para preservar a fibra, umidificando o algodão em caroço no Brasil. Porém, no mercado interno, muitas indústrias têxteis têm se modernizado e necessitam de algodão com menos fibras curtas para aumentar sua produtividade.

## 2.3 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

### Normas e dimensionamento

A baixa umidade de fibra é desfavorável à produtividade e à qualidade, bem como a umidade em excesso, que reduz a qualidade em relação ao tipo (encarneamentos) e a produtividade (embuchamentos).

### Equipamentos

A técnica recomendada é de colocar o algodão em contato com um ar quente e úmido. O ar é aquecido para conseguir carregar água e gerar uma alta pressão de vapor de água, a fim de possibilitar que a água migre para a fibra. O isolamento térmico das tubulações é

## A taxa de umidade da fibra na entrada do descarçador deve ser controlada e mantida numa faixa de 6.5 a 7.5%.

importante para a economia de energia, eficiência do processo, e também para reduzir a condensação. Como na secagem, grandes diferenças entre as velocidades do ar e do algodão são importantes.

Para umidificar, é preciso um gerador de ar úmido e um dispositivo de aplicação. Os sistemas modernos de umidificação do algodão em caroço disponíveis comercialmente utilizam geradores de ar úmido, que combinam aquecimento do ar por queimador e aquecimento e pulverização de água. O combustível utilizado é o gás ou o querosene, para tempo de reação curto e automação.

O ar quente e de umidade relativa alta é levado por um ventilador até o ponto de contato com o algodão, numa caixa instalada entre a rosca distribuidora e os alimentadores de descarçadores. A umidificação é eficiente, por causa da relativa compactação do algodão e o famoso deslizamento criado pela grande diferença de velocidade entre o ar e o algodão. Caixas especiais devem ser instaladas, com dispositivo de fechamento automático do cano de ar úmido, no momento em que é interrompido o descarçamento, a fim de evitar umidificação em excesso (*Figura 8*).

Outras técnicas de umidificação do algodão em caroço não devem ser consideradas, tais como aspersão de água diretamente sobre o algodão na rosca distribuidora ou com injeção de ar úmido ou vapor no alimentador do descarçador, pois apresentam muitas desvantagens dependendo da técnica, tais como

umidificação de superfície, grande heterogeneidade de umidade, risco de molhamento do algodão e degradação de componentes das máquinas. Um ponto comum dessas técnicas é a perda de produtividade da usina e a ineficiência em proteger a fibra.

### Operação e gestão

Os operadores da algodoeira devem monitorar a umidificação da fibra na entrada dos descarçadores (*Figura 9*). Devido ao impacto da umidificação do algodão em caroço sobre a produtividade do descarçador e a qualidade da fibra, qualquer anomalia deve ser detectada muito rapidamente. Por isso, é indispensável um controle sistemático da umidade na saída de cada alimentador (por exemplo, a cada 15 minutos ou no máximo a cada 30 minutos). O controle manual é realizado com umidímetro de algodão portátil. Os valores médios de umidade dos vários alimentadores devem ser comparados para garantir o equilíbrio e a homogeneidade de qualidade da fibra entre as diferentes linhas de beneficiamento. Em caso de desvio recorrente com relação ao nível desejado, providências imediatas devem ser tomadas para corrigir a umidificação e voltar aos níveis procurados.

A automação da umidificação do algodão ainda é um desafio técnico para os fabricantes especializados que ainda não estão conseguindo aproveitar, para esta função, os sensores atualmente disponíveis.



**Figura 8.** Caixa de umidificação do algodão em caroço (aspecto exterior).  
(Fonte: Cotimes do Brasil, 2009)



**Figura 9.** Controle manual da umidade do algodão em caroço nos alimentadores. (Fonte: Cotimes, 2005)

## CONCLUSÃO

A gestão da umidade apresenta um interesse para todos na cadeia algodoeira. O produtor conseguirá um rendimento de fibra máximo e uma fibra de bom valor no mercado. A indústria de beneficiamento conseguirá produzir mais fardos por hora. A indústria têxtil conseguirá uma matéria-prima que garantirá boa produtividade em suas máquinas e qualidade nos produtos acabados. A falta de controle da umidade do algodão no beneficiamento afeta drasticamente o lucro de todos, particularmente o do produtor.

Com a tecnologia disponível e ao alcance de todos, somada à devida importância que deve ser destacada ao controle e à gestão da umidade, pode-se concluir que o uso de equipamentos adequados para medir a umidade do algodão certamente irá proporcionar ganhos às usinas de beneficiamento, agregando valor à atividade produtiva e rentabilidade ao produtor/industrial.

Não há possibilidade de efetuar uma gestão eficiente da umidade do algodão no processo de beneficiamento sem realizar medições. Na usina, a medição da umidade do algodão em caroço, da fibra e do ar é indispensável para obter:

- um beneficiamento mais fácil, com proteção dos equipamentos;
- a preservação da qualidade dos produtos;
- um custo reduzido e um maior lucro.

A falta de medição impossibilita a gestão da umidade do algodão no beneficiamento, com as seguintes consequências:

- um descarçamento difícil e caro, com embuchamentos e desperdício de energia;
- uma perda da qualidade, com redução do comprimento da fibra e aumento do conteúdo de fibras curtas;
- um lucro reduzido.

**A fibra brasileira, apesar de possuir qualidades intrínsecas de bom nível advindas do material genético, de condições pedo-climáticas e manejo cultural favoráveis, apresenta algumas limitações no mercado internacional. A qualidade precisa ser continuamente melhorada para poder competir com outras origens (algodão americano, australiano ou africano), em particular com relação ao comprimento de fibra. A melhoria da uniformidade e a redução da taxa de fibras curtas (Short Fiber Index do HVI) torna-se um objetivo prioritário para a competitividade da fibra brasileira e lucro do produtor. Passa pelo domínio da gestão da umidade na algodoeira, e, principalmente, pela umidificação do algodão em caroço.**

## Referências bibliográficas

Manual de Beneficiamento, IMAmt, 2015

Anthony, W.S. *Moisture Management Practices at Gins* – 2004. Proceedings of the Engineered Fiber Selection Conference, Greenville, SC

## REALIZAÇÃO



## PARCERIA



## APOIO FINANCEIRO

