

ESTUDOS SÔBRE A CONSERVAÇÃO DE SEMENTES

I. - Respiração de sementes de algodão em diversas umidades relativas

Coarací M. Franco

INTRODUÇÃO

A literatura científica estrangeira, em especial a norte americana, é farta de dados, no que concerne à armazenagem de sementes. E lá, os dados fixam condições: orientam os cientistas, ácodem os técnicos das grandes emprêsas; auxiliam o fazendeiro, os industriais e os comerciantes. Mas, nós aqui, não nos podemos utilizar dêsses dados, como nos chegam às mãos, pois vivemos sob condições diferentes, trabalhamos com sementes de espécies vegetais mui diversas, às vêzes, das de lá. Portanto, o que nos resta fazer é, aproveitando os métodos alheios, modificando-os, adaptando-os aos casos estritamente nossos, obter acervo de dados, para com êles, mais tarde, não só determinar, como prever e fixar nossos padrões.

Entre nós, as sementes são colhidas e armazenadas durante os meses de elevada temperatura e umidade. Estes dois fatores concorrem, não há dúvida, para o rápido declínio do poder germinativo. Ignorar a umidade e temperatura dos depósitos é arriscar-se a prejuizos certos. Sòmente com relação ao algodão, a Secretaria da Agricultura perdeu, neste último ano, 9.887 sacas de sementes, e isto devido ao fato de que, após um ano de armazenagem, as sementes deixaram de apresentar a percentagem de germinação exigida (80%).

Mas, não é apenas em sementes de algodão que a Secretaria da Agricultura tem sofrido prejuizos. Em milho, em feijão, etc., e quase tôdas as demais sementes há perdas. E tais prejuizos tendem a aumentar, não sòmente porque a mão de obra e material para a seleção aumentam de custo, como, também, paulatinamente, crescem as quantidades de sementes produzidas.

Opina-se que as sementes devem ser guardadas em ambiente fresco e ventilado, o que tem motivado a construção, por parte de interessados, de depósitos especiais, com tela, para garantir perfeito arejamento.

Todavia, sementes adequadamente secas, de teor de umidade não excedendo o valor compatível à boa conservação, variável às diferentes sementes, parecem dispensar perfeitamente o arejamento. Êste poderia chegar a ser prejudicial até em lugares onde a umidade relativa do ar fôsse suficientemente baixa.

O comportamento das sementes em ambientes diversos está a reclamar estudos. É problema que pede solução urgente.

Encarando a questão nesse pé, montamos, já vai algum tempo, uma série de experiências a fim de determinar quais as condições ótimas para conservação de sementes de algodão, no tocante aos fatores: umidade relativa e temperatura. Mas, para bem interpretar e conhecer os resultados dessas experiências, necessitavamos saber, de primeira mão, algo sobre a **intensidade da respiração das sementes de algodão** sob condições fixas. Sobre êste ponto é que nos vamos estender neste trabalho.

As sementes, por nós usadas, foram as da Variedade I. A. 7387, a mais cultivada no Estado de São Paulo.

BREVE REVISÃO DA LITERATURA

Bailey e Gurjar (1) estudaram a respiração de sementes de trigo em armazenamento. Verificaram que a respiração aumenta com o teor de umidade das sementes. O aumento da intensidade da respiração é gradual desde 12.50 até 14.78% de umidade higroscópica. Se a umidade ultrapassar 14.78%, a respiração se acelera. O acúmulo de CO₂ diminui a intensidade de respiração.

Em outro interessante trabalho, os mesmos autores citados (2), pesquisaram a influência de um início de germinação sobre sementes depois de trazidas à umidade higroscópica inicial. Para isso, tomaram três amostras de uma mesma semente de trigo. Duas primeiras amostras, depois de umedecidas, foram deixadas para que nelas se processasse a germinação, num caso, pelo período de 24 horas, e noutro, pelo espaço de 48 horas. A terceira amostra serviu de testemunha. Passadas as 24 e 48 horas, as duas primeiras amostras foram trazidas a 12% de umidade. Cada uma destas, foi subdividida, determinando-se a intensidade de respiração sob vários teores de umidade. Para as umidades 12% e 14%, a proporção dos desprendimentos de CO₂ foram (para a testemunha, para a amostra umedecida durante 24 horas e para a que se umedeceu por 48 horas) respectivamente, 1:4:10.

Dosando os açúcares redutores, nas mesmas amostras, Bailey e Gurjar (2) acharam que as quantidades estavam, muito aproximadamente, na mesma razão de 1:4:10. A maior intensidade de respiração das amostras, que estiveram durante 24 e 48 horas em condições de germinação, parece, pois, derivar de maior quantidade de açúcares redutores desdobrados de açúcares não redutores, durante o tratamento.

Êste trabalho é de grande importância prática. Mostra que as sementes devem ser secas imediatamente post-colheita. Do contrário,

ainda mesmo com baixa umidade, a respiração pode ser apreciável, comprometendo sua conservação.

Jacquot e Mayer (8) estudaram a influência da umidade higroscópica sobre a respiração, em sementes de amendoim, milho e feijão. Embebidas em quantidades determinadas de água, a respiração foi medida. Em milho e amendoim, a razão de produção de CO_2 aumentou até 30-35% de umidade higroscópica, caindo ao depois. Em feijão, a produção de CO_2 aumentou até 60% para depois cair. Calculada sob a base de matéria seca, a respiração aumentou sempre, até completa embebição.

Respiração de sementes de sorgo, em relação à sua umidade higroscópica, foi estudada por Coleman, Rothgeb e Fellows (5). Concluíram que a intensidade respiratória aumenta com o desenvolvimento da umidade higroscópica.

Bakke e Noecker (4) estudaram a influência da umidade sobre sementes de aveia, no tocante à respiração. A intensidade de respiração aumentou com o teor em umidade das sementes. Alcançou o máximo, quando as sementes tinham 40,01% de umidade. Acima desta, a intensidade respiratória decresceu.

Robertson, Lute e Gardner (11), estudando o efeito da umidade relativa ambiente sobre a viabilidade, umidade higroscópica e respiração de sementes de trigo, aveia e cevada em armazenamento, concluíram que a respiração aumenta regularmente com a umidade relativa do ar em que estão as sementes.

Bailey (3), trabalhando com sementes várias, concluiu que a respiração aumenta com a umidade higroscópica. Sementes de linho respiram muito mais intensamente do que as demais estudadas, quando submetidas à mesma umidade higroscópica.

Cristidis (6) pesquisou o efeito de diferentes percentagens de umidade de sementes de algodão no referente à germinação. Para bem conservá-las é necessário submetê-las a um processo de secagem artificial em corrente de ar quente antes de serem armazenadas, particularmente quando colhidas em épocas chuvosas.

Simpson (12), trabalhando com sementes de algodão, também verificou que, se na época da colheita o tempo estiver seco, as sementes se conservam bem. Se úmido, as sementes podem estragar-se mesmo antes de serem colhidas ou perdem o poder germinativo em pouco tempo. Se logo após a colheita as sementes estiverem convenientemente secas, conservar-se-ão bem por longo tempo. Em outro trabalho, Simpson (13) achou marcada relação entre umidade da semente e sua duração. Sementes de algodão "Sea-Island" com umidade reduzida a 8%, guardadas em lugar seco, conservam-se bem por 4½ anos. Sementes de algodão "Upland" se estragaram rapidamente, quando continham mais de que 10% de umidade. Com 13,78% de umidade perderam o poder germinativo em 9 meses.

CONTRÔLE DA UMIDADE RELATIVA

Para contrôle da umidade relativa no interior das câmaras de respiração onde foram colocadas as sementes, empregamos soluções de ácido sulfúrico, cuja tensão de vapor foi calculada para que mantivesse a umidade relativa em valores fixos (15). Preferimos êste processo por apresentar vantagens sôbre o uso de soluções salinas super-saturadas, também muito empregadas para êste fim. Obtem-se, com o emprêgo de soluções de ácido sulfúrico, a umidade relativa desejada. Esta pode ser facilmente verificada a qualquer momento, pela simples determinação da densidade do ácido. A tensão dos vapores das soluções de ácido sulfúrico varia pouco com as pequenas oscilações da temperatura ambiente. Disso resulta que a umidade relativa permanece satisfatoriamente fixa, mesmo sem contrôle de temperatura. O equilíbrio entre as soluções e o ar ambiente se estabelece rapidamente. Digamos ainda que o preço do ácido sulfúrico necessário é menor do que o dos sais quimicamente puros precisos para soluções super-saturadas.

Damos a seguir a tabela I, organizada com dados de Loomis e Shull (10) e de Hodgman (7). Com auxílio dêsses dados é que preparamos as soluções de ácido sulfúrico. Alguns números obtivemos por interpolação.

TABELA I

UMIDADE RELATIVA, DENSIDADE E cc
DE H₂SO₄ POR LITRO DE SOLUÇÃO

Umidade relativa	Densidade a 20° C	cc por litro de solução
10	1,577	575,10
20	1,491	480,72
30	1,435	421,14
40	1,389	372,70
50	1,339	326,25
60	1,293	273,16
70	1,252	231,75
80	1,203	183,61
90	1,139	123,85
100	1,000	0

Empregamos ácido sulfúrico "Backer", p. a., de densidade 1,84.

Zero por cento de umidade relativa obtivemos com o emprêgo de pentóxido de fósforo, (P_2O_5), por nos parecer mais eficaz em se tratando da absorção total dos vapores de água.

Difícilmente se obtém a densidade desejada logo após a primeira mistura do ácido com a água, e isto devido aos pequenos erros de medida, muito embora se empreguem balões volumétricos e pipetas.

Após o resfriamento, pois a mistura se aquece, pode-se obter a densidade desejada com grande exatidão misturando-se quantidades calculadas de duas soluções, uma com densidade pouco acima e outra pouco abaixo da desejada.

Este cálculo não é mais do que uma equação simultânea:
 $xd_1 + yd_2 = vd_3$; na qual d_1 e d_2 são as densidades abaixo e
 $x + y = v$;
 acima da desejada d_3 . **V** é o volume da mistura que se deseja obter ;
X e **Y** são os números de centímetros cúbicos de ácido de cada densidade que se devem misturar.

Esta nova mistura não se aquecerá apreciavelmente em virtude de terem as soluções densidades muito próximas uma da outra.

É necessário que se faça a devida correção de temperatura na leitura do densímetro.

Deve-se sempre calcular a densidade em relação a uma determinada temperatura, uma vez que a temperatura ambiente é variável.

Trabalhando do modo descrito e utilizando-nos de densímetros que davam leituras até milésimos, o nosso erro estava freqüentemente na quarta casa decimal e raras vês na terceira. Obtínhamos a densidade, ou seja a umidade relativa com uma exatidão maior mesmo do que a necessária.

M É T O D O

Decidimo-nos pelo emprêgo de tubos de Pettenkoffer por melhor se prestarem ao nosso objetivo e evitarem o acúmulo de CO_2 que tem uma ação retardadora sobre a respiração das sementes, conforme determinaram Bailey e Gurjar (1), Larmore, Clayton e Wrenshall (9), Bailey (3).

Desde que não dispúnhamos de aparelho termostático de capacidade suficiente e o estudo da respiração nas diferentes umidades deveria ser feito em uma mesma temperatura, montamos um aparelho com 6 tubos de Pettenkoffer trabalhando simultaneamente. Assim, medíamos ao mesmo tempo a respiração nas diferentes umidades e embora a temperatura fôsse a do ambiente, seria constante para tôdas as amostras.

A fig. 1 mostra o aparelho pronto para funcionar. Da direita para a esquerda vemos : duas tôrres de absorção com Na OH para eliminação do CO_2 do ar (A). Um frasco para a distribuição do ar pelos diferentes tubos de Pettenkoffer, contendo ácido sulfúrico para deixar

o ar que o atravessa com uma umidade relativa próxima à média das empregadas na experiência (B). Séries de três frascos contendo as soluções de ácido sulfúrico adequadas para o controle da umidade relativa na qual as sementes devem permanecer nas câmaras de respiração (C) (as duas últimas séries que na fotografia são de balões Erlenmeyers por falta de número suficiente de frascos de Drechsel, foram mais tarde substituídas também por estes). Câmaras de respiração, onde estão as sementes (D). O tubo que traz o ar dos frascos que controlam a umidade, sobe pelo interior da câmara de respiração e vai até a sua parte superior, enquanto o tubo que leva o ar da câmara para os tubos de Pettenkoffer, saem da sua parte mais baixa. Isto é necessário para garantir a completa remoção do CO_2 das câmaras de respiração, porquanto sendo este mais pesado do que o ar, tende a se acumular na parte inferior da câmara. Empregamos bolas de segurança (E) para evitar que as sementes fôssem alcançadas pela água de barita, caso esta subisse em direção às câmaras de respiração em consequência de mau funcionamento da trompa de aspiração do ar. Tubos de Pettenkoffer contendo barita n.º 10 (F). Estes devem ter inclinação tal que as bolhas de ar subam por eles lentamente, dando tempo suficiente para a completa absorção de CO_2 pela barita. O tubo que traz o ar das câmaras de respiração entra no interior do tubo de Pettenkoffer, através da rôlha colocada na extremidade deste e tem a sua ponta mergulhada na solução de barita.

Finalmente, vemos um frasco para a distribuição da sucção pelos diversos tubos de Pettenkoffer (G). A sucção produzida pela trompa é regulável em cada tubo, por uma pinça de Hoffmann colocada entre o tubo de Pettenkoffer e o frasco de distribuição.

Era necessário que se tivesse certeza da eficiência do controle da umidade relativa do ar, pelas três séries de frascos lavadores. Para isso, antes de nos utilizar do aparelho, colocamos em lugar das câmaras de respiração e com os tubos de Pettenkoffer vazios, tubos em U, contendo Na OH . Fizemos passar lentamente, através de cada tubo por vez, volume conhecido de ar. Isto foi conseguido esgotando-se lentamente, por meio de um sifão, um balão de 5 litros cheio de água pelo qual o ar só poderia entrar passando através do aparelho. A velocidade do ar foi, aproximadamente, de 1 litro por hora.

Pesando-se o tubo em U com Na OH , antes e depois de fazer passar por ele, os 5 litros de ar, tínhamos a umidade absorvida pela soda, a qual foi tirada daquele volume de ar. Esta seria a umidade absoluta dos 5 litros de ar que passaram pelo aparelho. A relação entre este peso de vapor de água encontrado e o que seria encontrado se o ar se achasse saturado à mesma temperatura (o que se encontra tabelado em Hodgman) (7), nos dá a umidade relativa. A soda, porém, não elimina todo o vapor de água do ar. Deixa ainda uma determinada umidade relativa, correspondente à tensão de vapores da sua solução saturada, variável com a temperatura. A umidade relativa encontrada pela maneira

acima descrita deve ser adicionada à deixada pela soda, à temperatura em que se trabalhou, a qual se encontra também em tabela (7).

Procedendo-se assim, achamos que o controle da umidade pelos frascos de Drechsel era muito satisfatório. A que mais se afastou do valor calculado pela densidade do ácido sulfúrico, mostrou um erro de 2,6%. Apesar de muito pequeno, cremos que esse erro ainda é mais de cálculo, na correção da umidade deixada pela soda, do que propriamente do controle da umidade relativa pelo ácido sulfúrico.

MEDIDA DA RESPIRAÇÃO

As amostras de sementes (50 gr) eram deixadas durante 20 dias em dessecadores contendo ácido sulfúrico nas mesmas densidades daqueles colocados no aparelho para o controle das umidades relativas. Assim, quando as sementes iam para as câmaras de respiração do aparelho, estavam com a sua umidade higroscópica em equilíbrio com as umidades relativas nas quais iam ser estudadas. Passado esse tempo, elas eram levadas às câmaras de respiração do aparelho e os tubos de Pettenkoffer cheios com 100 cc de água de barita 0,1 N. O aparelho era pôsto a funcionar fazendo-se com que o ar fôsse aspirado lentamente pela trompa, à razão aproximada de 0,5 litro por hora, em cada tubo de Pettenkoffer. Esta velocidade, sendo a metade da empregada na verificação do aparelho, garantia o perfeito controle da umidade relativa pelos frascos de Drechsel.

Sendo o espaço vazio no interior da câmara de respiração igual a 170 cc (conforme determinação feita enchendo-se a câmara com água, tendo no seu interior uma amostra de 50 gr), conclue-se que o ar era renovado em tôrno das sementes cêrca de 3 vêzes por hora.

Desde que a intensidade de respiração era grande nas câmaras com 90 e 100 por cento de umidade relativa, nessas umidades o funcionamento do aparelho era contínuo, desde o início até o fim da experiência. Isto não representa dificuldades porque, nessas umidades elevadas; em poucas horas de funcionamento, já há bastante precipitado de Ba CO₃ para garantir uma boa diferença na titulação da barita. O motivo de ser necessário o funcionamento contínuo do aparelho nessas umidades relativas elevadas, é ter o CO₂ (que se acumula pela respiração) o efeito de retardar a respiração das sementes. Nas outras umidades não havia razão para o funcionamento contínuo, porque a intensidade de respiração das sementes era insignificante, conforme se verificava pelo pequeno precipitado de Ba CO₃. Os tubos de Pettenkoffer correspondentes a essas umidades funcionavam por essa razão apenas 3 a 4 horas por dia.

Durante o funcionamento do aparelho, a temperatura ambiente era tomada várias vêzes para se calcular a média. Ao mesmo tempo, um termômetro de máxima e mínima registava as temperaturas extremas.

Passado um determinado período de tempo, quando havia já grande quantidade de Ba CO₃ precipitado no tubo de Pettenkoffer, êste era

desligado do aparelho e a água de barita do seu interior posta em um frasco fechado e aí deixada várias horas para que o precipitado de carbonato de bário se depositasse. Titulavam-se então 10 cc de líquido claro, isento de precipitado, com ácido clorídrico 0,1 N. Multiplicando-se a diferença em cc encontrada entre esta titulação e a inicial pela normalidade do ácido empregado na titulação (0,1 no nosso caso) e ainda por 22,0 (1/2 molécula grama de CO_2) obtemos, em miligramas, o CO_2 desprendido pela respiração da semente.

Encontramos para a respiração das sementes de algodão em várias umidades relativas os valores representados na tabela II e gráfico I.

TABELA II

RESPIRAÇÃO DE SEMENTES DE ALGODÃO EM DIVERSAS UMIDADES RELATIVAS

UMIDADE RELATIVA	mg CO_2 /hora/ 50 gr sementes	mg CO_2 /hora/100 gr sementes secas a 110°C.
60	0,003	0,00
70	0,005	0,01
80	0,005	0,01
90	0,126	0,28
100	0,697	1,57

UMIDADE HIGROSCÓPICA DA SEMENTE DE ALGODÃO

A semente de algodão é higroscópica, como tôdas as sementes o são em maior ou menor grau. Perde ou ganha água do ar ambiente até que a sua umidade esteja em equilíbrio com a umidade relativa do ar. Isto é de grande importância na conservação da semente. Se uma semente bem seca, portanto em boas condições para a sua conservação, for armazenada em lugar de umidade relativa elevada, absorverá umidade e se deteriorará com maior facilidade.

Estudamos a higroscopicidade das sementes de algodão, colocando amostras em dessecadores, onde a umidade relativa foi controlada por meio de soluções de ácido sulfúrico. Depois das amostras mostrarem peso constante durante três dias consecutivos, determinamos a umidade a 110° C. Os valores obtidos acham-se no gráfico 2. Vemos que, de 0% até 90% de umidade relativa, a umidade da semente variou de 1,10 a 20,97% quando determinada a 110° C.

Toole (14) achou que sementes de algodão na umidade relativa de 65% têm 10-11% de umidade e na de 80% têm 13-14%. Os nossos dados concordam bem com estes.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Analisando os dados da tabela II e gráfico I vemos que as sementes de algodão não respiram apreciavelmente senão quando colocadas em ambiente com mais de 80% de umidade relativa, à temperatura média de 19,3° C. (máxima = 24,0 e mínima = 18,7). Nesta umidade relativa têm um teor em umidade de 15%, em números redondos.

Não podemos julgar dos pequenos valores encontrados nas umidades relativas de 70 e 80%. Devemos notar que nestas umidades e na de 60% as sementes estiveram nas câmaras de respiração durante 15 dias e 1 hora ou sejam 361 horas. Mesmo após tão longo tempo não nos foi possível encontrar diferença apreciável no título da barita dos tubos de Pottenkoffer. A respiração foi apreciável nas umidades de 90 e 100 por cento. É maior nesta última, onde alcançou o valor de 1,57 mg/hora/100 gr de semente seca.

SUMMARY

Cotton seeds subjected to relative humidities varying from 10 to 100% were studied regarding their intensity of respiration. Pottenkoffer tubes were employed, so that one could work simultaneously with 6 of them. H₂SO₄ solutions controlled the relative humidities. Respiration was found to be noticeable above 80% relative humidity. Cotton seeds kept under relative humidities varying from 0 up to 90%, exhibit seed-humidities which varied from 1,10 to 20,97%.

LITERATURA CITADA

1. **Bailey, C. H. e A. M. Gurjar.** Respiration of storage wheat. Journ. Agric. Res. 12: 685-713. 1918.
2. **Bailey, C. H. e A. M. Gurjar.** Respiration of cereal plants and grains. II. Respiration of sprouted wheat. Journ. Biol. Chem. 44: 5-7. 1920.
3. **Bailey, C. H.** Respiration of cereal grains and flax seed. Plant. Physiol. 15: 257-274. 1940.
4. **Bakke, A. L. e N. L. Noecker.** The relation of moisture to respiration and heating in stored oats. Iowa Sta. Coll. Bul. 165: 317-336. 1933.
5. **Coleman, D. A., B. E. Rothgeb e H. C. Fellows.** Respiration of Sorghum grains. U. S. Dept. Agric. Tech. Bul. 100: 1-16. 1928.
6. **Cristidis, B. G.** The viability of cotton seed as affected by its moisture-content. Empire Journ. Exp. Agric. 8: 148-158. 1940.
7. **Hodgman, C. D.** *Em* Handbook of Chemistry and Physics, 20.^a ed. Chemical Rubber Publishing Co., Cleveland, Ohio, pgs. I-XX 1-2069. 1937.
8. **Jacquot, R. e A. Mayer.** Hydration et respiration des graines. Ann. Physiol. Physicochem. Biol. 2: 408-425. 1926.
9. **Larmore, R. K., J. S. Clayton e C. L. Wrenshall.** A study of the respiration and heating of damp wheat. Canadian Journ. Res. 12: 627-645. 1935.
10. **Loomis, W. E. e C. A. Shull.** *Em* Methods in Plant Physiology, McGraw-Hill Book Company, London, pgs. I-XVIII+1-472. 1937.
11. **Robertson, D. W., A. M. Lute e R. Gardner.** Effect of relative humidity on viability, moisture content, and respiration of wheat, oats and barley seed in storage. Journ. Agric. Res. 59: 281-291. 1939.
12. **Simpson, D. M. e B. M. Stone.** Viability of cottonseed as affected by field conditions. Jour. Agric. Res. 50: 435-447. 1935.
13. **Simpson, D. M.** Relation of moisture content and method of storage to deterioration of stored cottonseed. Journ. Agric. Res. 50: 449-456. 1935.
14. **Toole, E. H.** Seed longevity and seed storage. Publ. Division of Fruit. and Vegetable Crops and Diseases, U. S. Dept. Agr. pg. 1-15. 1939. (Mimeografado)
15. **Wilson, R. E.** Humidity control by means of sulfuric acid solution, with critical compilation of vapour pressure data. Journ. Indust. and Eng. Chem. 13: 326-331. 1921.

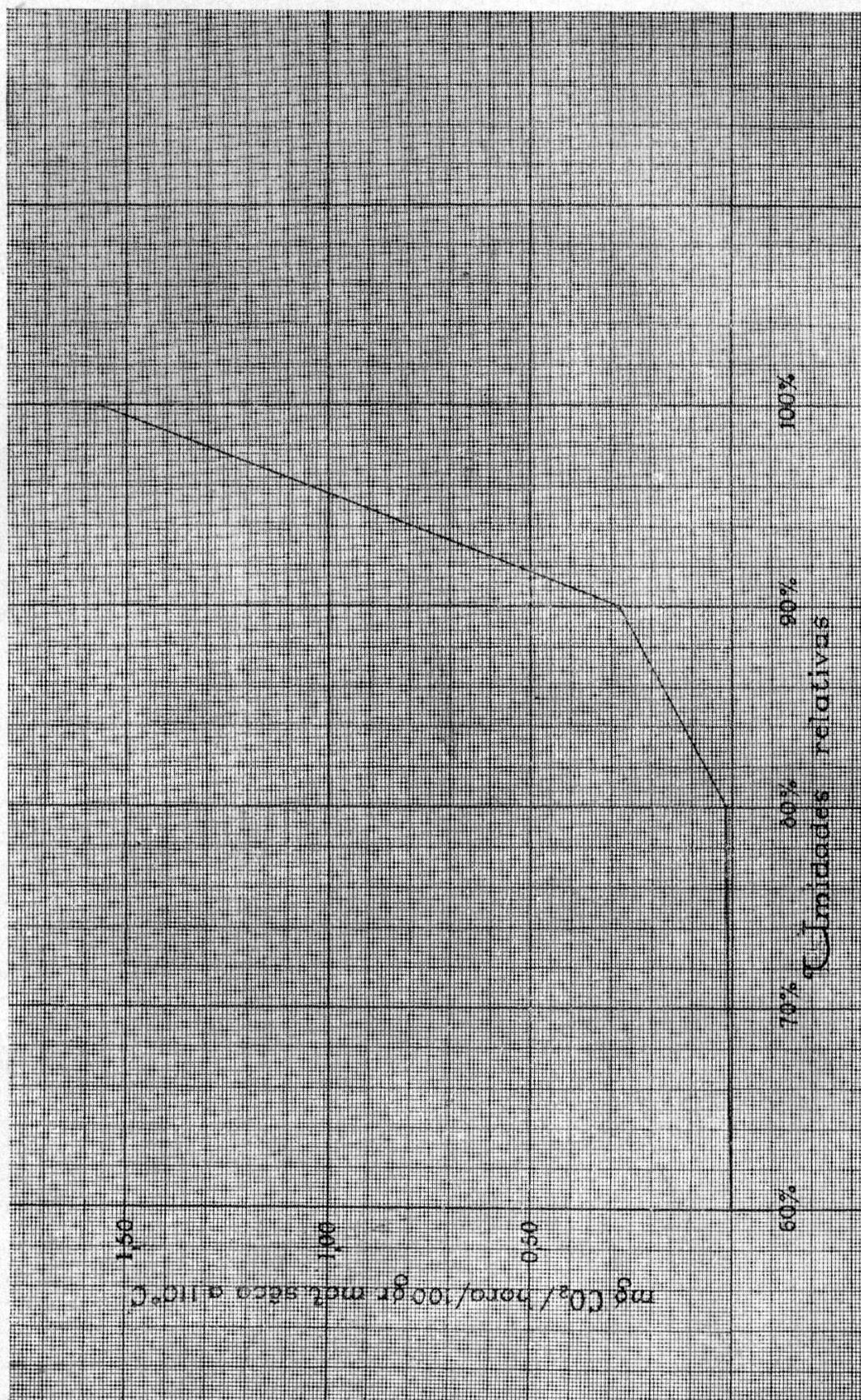


Gráfico I — Umidade a 110°C de sementes de algodão em diversas umidades relativas.

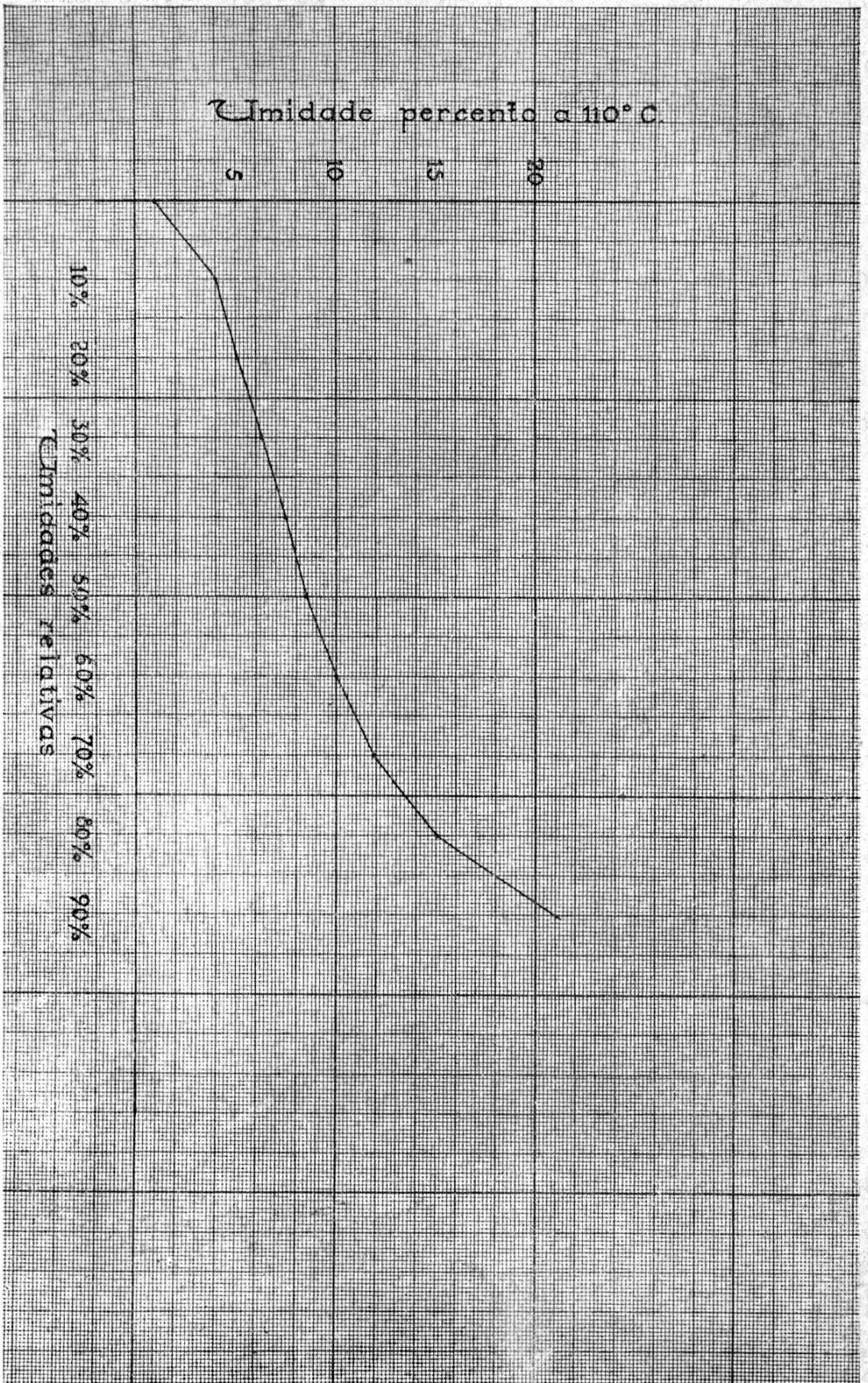


Gráfico II — Respiração de sementes de algodão em diversas unidades relativas.

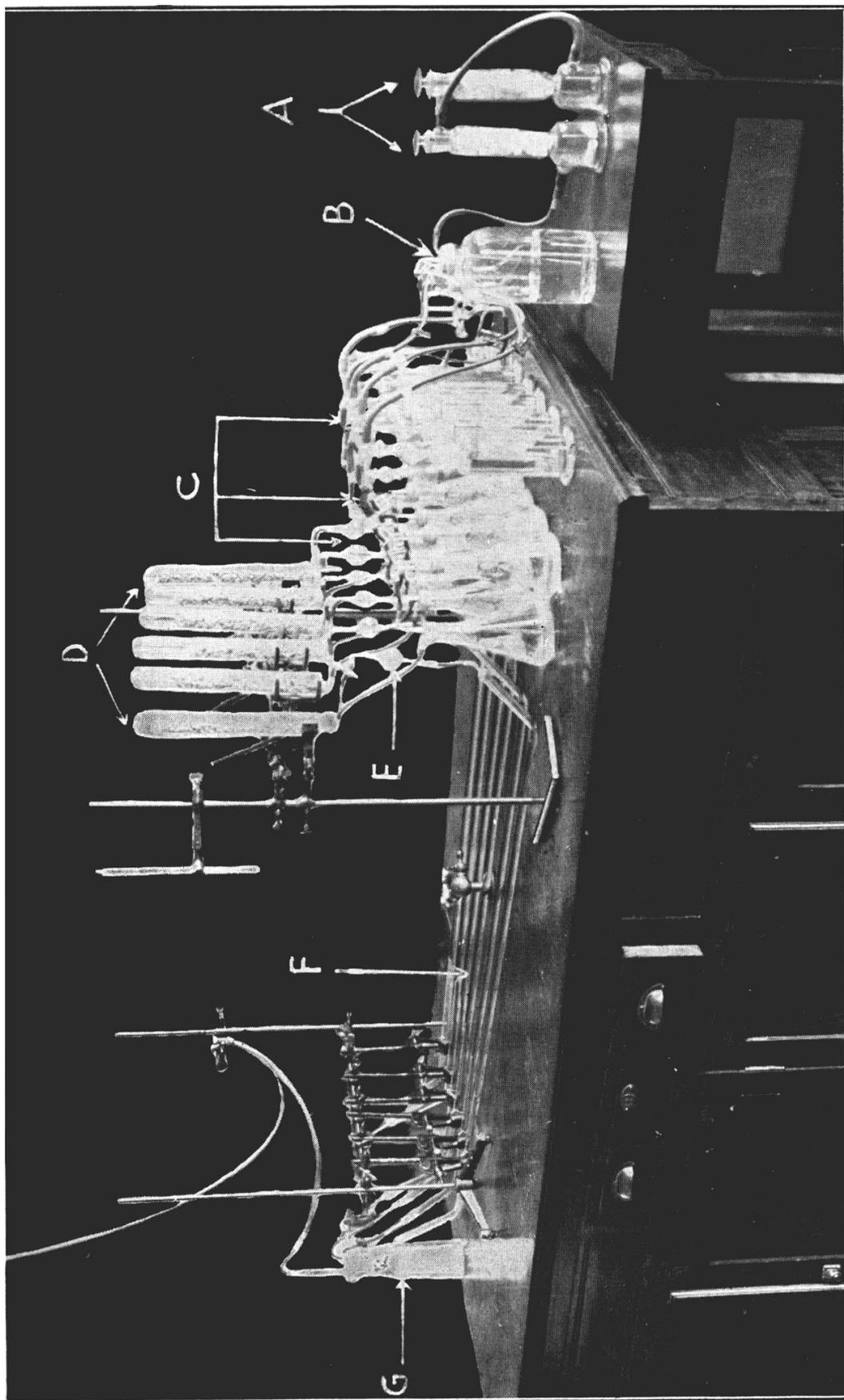


Fig. 1 — Aparelho para medida de respiração de sementes em umidade relativa controlada. (Descrição no texto).