

SIMONIDES CONSANI, C. D.

TÉCNICA DA EXPANSÃO HIGROSCÓPICA

*Estudo da distribuição de água no interior da massa de revestimento
por meio de cintilação líquida.*

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia
de Piracicaba, da Universidade Estadual de
Campinas, para a obtenção do Título de
Livre Docente (Materiais Dentários)

PIRACICABA
1976

A Selma,
Heitor Fernando e
Rafael Leonardo

Ao Prof. Dr. LUIZ ANTONIO RUHNKE,
Titular da Disciplina de Mate-
riais Dentários desta Faculdade,
mestre idealista e amigo incompa-
rável, cujos ensinamentos foram
elevados subsídios para a for-
mação de nossa carreira universi-
tária.

AGRADECIMENTOS

Nesta oportunidade gostaríamos de assinalar publicamente nossa gratidão a todos aqueles que direta ou indiretamente participaram na elaboração deste trabalho.

À Direção desta Casa de Ensino, na pessoa de seu Diretor, Prof. Dr. JOSÉ MERZEL e seu Associado, Prof. Dr. ANTONIO CARLOS NEDER.

Ao Prof. Dr. JUSTO MORETTI FILHO, Titular da Disciplina de Hidráulica da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, cujas inestimáveis sugestões contribuíram para o enriquecimento científico deste trabalho.

Ao CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, personificado nos seguintes elementos:

Prof. Dr. ADMAR CERVELLINI, Diretor, que permitiu nosso acesso às dependências dessa Instituição.

Prof. Dr. EPAMINONDAS S.B. FERRAZ, Coordenador da Divisão de Ensino e Extensão, o qual facilitou sobremaneira nossa atividade no CENA e nos apresentou sugestões de grande valia.

Prof. Dr. VIRGÍLIO FRANCO DO NASCIMENTO FILHO, pela valiosa orientação técnica durante o nosso aprendizado e segura colaboração no transcorrer do presente trabalho.

Profs. OTTO JESU CRÓCOMO e DARCY MARTINS DA SILVA, pela oportunidade de realizarmos esta pesquisa em seus laboratórios.

Senhores JOSÉ OSÓRIO BERTOLLI, ANTONIO EDÉLCIO LUCAFÓ
e LINEU DOMINGOS M. DELFINI, Auxiliares de Laboratō-
rio, pela colaboração a nōs dispensada.

Ao Prof. Dr. VIVALDO FRANCISCO DA CRUZ, do Departamento de Ma-
temática e Estatística da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Quei-
roz", da Universidade de São Paulo, pelos cálculos estatísticos efe-
tuados.

À Profa. Dra. SÔNIA VIEIRA, da Disciplina de Bioestatística da
Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de
Campinas, pelas sugestões apresentadas.

Ao colega de Disciplina, Prof. Dr. WOLNEY LUIZ STOLF, pelo es-
pírito de amizade, estímulo e apoio.

Í N D I C E

Capítulo I	
1. INTRODUÇÃO	1
Capítulo II	
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
Capítulo III	
3. PROPOSIÇÃO	28
Capítulo IV	
4. MATERIAIS E MÉTODOS	30
4.1. Programação dos ensaios	30
4.2. Descrição da parte experimental	31
Capítulo V	
5. RESULTADOS OBTIDOS	39
Capítulo VI	
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	51
Capítulo VII	
7. CONCLUSÕES	68
Capítulo VIII	
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
Capítulo IX	
9. APÊNDICE	78
9.1. Relação das detecções	79
9.2. Análise estatística	100

CAPÍTULO I
INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Quando passamos em revista a bibliografia a respeito do processo de fundição, notamos que foi TAGGART⁷⁰, em 1907, quem introduziu a técnica do modelo de cera perdida para fundições odontológicas de ligas de ouro. Porém, nessa ocasião, o pioneirismo de seu trabalho indicava, na realidade, apenas o fato de que os metais sofrem uma redução volumétrica após se terem solidificado em temperatura ambiente, embora também existissem pequenos conhecimentos sobre as propriedades físicas das ceras, ouro e revestimentos.

A rigor, as propriedades físicas — expansão e contração — somente foram exploradas mais detalhadamente em 1910, quando VAN HORN⁷⁴ introduziu a técnica da compensação nas fundições, cuja característica principal seria utilizar o comportamento do modelo de cera e do revestimento, visando a compensar a contração do ouro quando passa do estado líquido para o sólido.

Entretanto, no ano de 1932 é que SCHEU⁶³, fazendo uso da propriedade de expansão higroscópica dos revestimentos, objetivou, como os autores anteriores, equilibrar a somatória da contração da cera e do ouro com a expansão do revestimento.

Uma década mais tarde, precisamente em 1943, HOLLENBACK³¹, analisando a função dos materiais utilizados em fundição, descreveu uma técnica pela qual obtinha a expansão higroscópica submergindo completamente o revestimento, confinado num anel metálico, em água aquecida a 37,8°C (100°F).

Baseando-se ainda na expansão higroscópica dos revestimentos, ASGARZADEH et alii⁶, em 1954, utilizaram, ao invés da imersão, a adição controlada de água, colocada na parte superior da massa de revestimento contida num anel flexível. Esta técnica, bastante simplificada, acrescentou nova dimensão ao processo, relacionando a expansão diretamente com a quantidade específica de água absorvida pela massa de revestimento.

Desde então, a diferente conceituação do problema fez com que alguns autores como RYGE & FAIRHURST⁶², MAHLER⁴², LUSTER⁴⁰, MAHLER & ADY⁴⁴, BERGMAN & SÖREMARK⁷, procurassem desenvolver trabalhos com a intenção de explicar a penetração da água adicionada no interior da massa de revestimento, bem como o seu efeito sobre a expansão.

Enquanto alguns pesquisadores, como DEGNI¹⁵, LYON et alii⁴¹, RYGE & FAIRHURST⁶², defenderam, baseados em trabalhos experimentais, a idéia de que a água penetra no revestimento de forma a atingir toda a sua extensão, outros, como LUSTER⁴⁰, ANSKE³, BERGMAN & SÖREMARK⁷, demonstraram, curiosamente, o contrário.

Essas contribuições apresentadas pelos diversos autores colocaram-nos frente a dados discrepantes, oriundos de um mesmo fenômeno, ou seja, a penetração da água acrescida no interior do revestimento. Tal assunto, além de fornecer uma variável bastante discutível, levou-nos a um ponto fortemente controvertido, que seria a maneira da água penetrar no interior da massa de revestimento, ou superficialmente ou profundamente, como divergem os autores anteriormente citados.

Todas essas pesquisas, como era de esperar, resultaram em teorias para explicar a penetração da água. Por isso, ASGAR et alii⁵ defendem a suposição de que a água adicionada na superfície externa do revestimento, sofre um sistema contínuo de transferência até atingir o interior da massa. Já, DEGNI¹⁵ sugere que o fenômeno é devido a um processo de embebição, e outros existem, como JØRGENSEN³⁶, que acreditam ser a expansão higroscópica uma resultante da ação capilar.

Com esses trabalhos, que consideramos básicos para a colocação do problema, verificamos que a expansão higroscópica é sempre maior que a expansão normal de presa. Como a água é considerada a variante principal entre os dois fenômenos, resolvemos desenvolver um estudo com o objetivo de determinar a sua distribuição no interior da massa de revestimento, quando empregamos a técnica da água acrescida.

A fim de que o nosso propósito fosse atingido, considerando

ainda que a bibliografia ao nosso alcance se mostrou relativamente es
cassa em estudos com material radioativo, decidimos empregar água tri
tiada ($^3\text{H}_2\text{O}$) em tão palpitante tema.

CAPÍTULO II
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De toda a bibliografia por nós consultada, os estudos que nos pareceram de maior importância são os relatados a seguir, visto que, a nosso ver, são suficientes para a colocação do problema.

Foi TAGGART⁷⁰, em 1907, o primeiro autor a introduzir o modelo de cera perdida para as fundições odontológicas de ligas de ouro. Nessa altura, o seu trabalho já mostrava o conhecimento de que os metais sofrem uma redução volumétrica após solidificados em temperatura ambiente.

VAN HORN⁷⁴, em 1910, introduziu a técnica da compensação nas fundições, baseada inteligentemente na utilização das propriedades físicas e no comportamento do modelo de cera e do revestimento, para compensar a contração do ouro, quando passa do estado líquido para o sólido.

Em 1930, TAYLOR et alii⁷¹ expuseram, à Comissão de Pesquisas da Associação Dentária Americana, as propriedades físicas requeridas e sugeriram uma especificação para os revestimentos odontológicos. Nesse trabalho, apresentaram a técnica a ser usada com revestimento "christobalite", na qual recomendam o uso de uma tira de amianto, um decida com água, envolvendo a parte interna do anel de fundição. Esse procedimento foi recomendado visando apenas a facilitar a expansão do revestimento às expensas da tira de amianto, que deveria funcionar como um agente que compensasse a ação restritiva do anel.

Dizendo basear-se nas idéias de um autor denominado WILSON — que acreditava que a umidade do ar fornecia água de cristalização necessária para completar a reação de presa de certos gessos — SCHEU⁶³, em 1932, desenvolveu uma técnica para a expansão higroscópica dos revestimentos. Esse autor recomendou que, após o tempo de presa inicial, a mistura fosse submersa em água à temperatura de 37,8°C (100°F), permanecendo de 20 a 30 minutos até atingir a expansão total. Esse

procedimento causaria a expansão higroscópica do revestimento. Nesse trabalho básico, SCHEU descreve certas características do fenômeno, como: "o tempo em que a mistura é colocada na água é fator de extrema importância assim como a sua temperatura"; "mistura mais espessa, maior expansão"; "se a mistura for colocada em água quente a expansão será maior do que em água fria".

No ano seguinte, continuando a mesma linha de pesquisa, SCHEU⁶⁴ concluiu que: "cada revestimento para fundição tem uma quantidade definida de expansão quanto misturado na mesma proporção água-pó e manipulado de um mesmo modo". Com respeito à temperatura da água, ainda concluiu que: "a mistura feita com água morna expande-se mais que aquela feita com água fria". Isto é possível, comenta o autor, devido ao fato de que o gesso é mais solúvel em água numa temperatura de 35,0 a 40,4°C (95 a 105°F). Aliás, a temperatura da água na qual a mistura é colocada torna-se ainda mais importante por dois motivos: 1- o calor da água controla ligeiramente a expansão do revestimento e, 2- a água à temperatura de 37,8°C (100°F) plastifica o modelo de cera de modo que mínimos detalhes no revestimento não são alterados quando a expansão se estabelece.

Ainda em 1933, HANSON & SCHOLTEN²⁹, analisando as fases da técnica de fundição, preocuparam-se com os detalhes que poderiam produzir fundições de ouro da melhor qualidade possível. Com respeito à expansão higroscópica, recomendaram o seguinte: "a água utilizada para a mistura deverá estar na temperatura ambiente e para isso deverá ser armazenada num recipiente antes de ser usada". O anel era previamente revestido com amianto umedecido, e a massa de revestimento vertida no seu interior, sob vibração. Em seguida, submergiam o anel em água, à temperatura de 36,7 a 37,8°C (98 a 100°F), por um período de 20 minutos, até que o revestimento tivesse tomado presa.

COY¹¹, em 1934, fazendo uma revisão das técnicas de fundição, comentava que: "a técnica de expansão higroscópica, a qual não tem si

do largamente adotada por causa das dificuldades e variáveis envolvidas, depende inteiramente do tempo de presa inicial do revestimento". Concluiu ainda que: "a quantidade de expansão de presa por este método parece depender, em uma considerável medida, da quantidade do revestimento usado e do modo pelo qual ele é espatulado".

Em 1935, apresentando novamente um estudo sobre a expansão higroscópica, SCHEU⁶⁵ relatou que esse fenômeno pode ser definido como "o aumento da expansão de presa obtido quando umidade entra em contacto com o revestimento durante a presa". Essa expansão, dizia o autor, é controlada pelo tempo que o revestimento é deixado secar antes de ser imerso em água. Para uma expansão média, numa temperatura ambiente de 20,0 a 23,9°C (68 a 75°F), o revestimento deverá ser submerso após ter secado durante 15 minutos. Então, a expansão pode ser aumentada pela imersão do revestimento, antes de endurecer por 15 minutos; ou reduzida, deixando-o endurecer por mais 15 minutos. A diferença de expansão obtida é da ordem de 0,1% para cada minuto, computado a mais ou a menos da média de 15 minutos, estipulada para o tempo de presa.

Mais recentemente, em 1943, HOLLENBACK³¹, usando a proporção de 3 1/2 partes de revestimento para 1 parte de água, em peso, recomendava que a espatulação devia ser mecânica embora a manual possa servir razoavelmente. Essa mistura proporcionaria um revestimento mais espesso que o usado normalmente, mas não tão espesso que pudesse dificultar a manipulação. O anel preenchido foi colocado em água à temperatura de 37,8°C (100°F), com o formador do cadinho para baixo, permanecendo no banho por um tempo mínimo de 30 minutos. Após a remoção da cera, por sucção com água fervente, o anel era colocado no forno a 427-482°C (800-900°F), onde ficaria por 30 minutos. Segundo o próprio autor, esta técnica deve ser compreendida como "uma técnica híbrida, que, utilizando-se da cera, da expansão de presa e da expansão térmica em um certo grau, produz um molde suficientemente dilatado para compensar a contração do ouro".

Aplicando a técnica de HOLLENBACK, PELKA⁵⁶, em 1947, traçou um paralelo entre a expansão efetiva de presa de um revestimento para fundição e a expansão higroscópica. A primeira, segundo o autor, é de 0,3 a 0,35% e a higroscópica varia de 1,0 a 2,6%. O fenômeno, conhecido como expansão higroscópica, ocorre pela imersão do revestimento em água e depende: "do tipo de revestimento usado; da temperatura da água do banho e do tempo decorrido antes de colocar o anel na água, após a inclusão". O anel permanecerá submerso em água à temperatura de 37,8°C (100°F) por 30 minutos, sendo que durante este tempo, no qual o revestimento toma presa, é que o fenômeno da expansão higroscópica se manifestará.

Em 1948, DOCKING¹⁸ e DOCKING et alii²¹ relatavam que: "embora a presa higroscópica seja uma forma modificada da presa normal, existem diferenças no efeito de muitas variáveis sobre a expansão obtida. Nem sempre alguma modificação na composição, ou na técnica conhecida para aumentar a expansão de presa, aumentará necessariamente a expansão higroscópica. É evidente que a maior troca dimensional ocorre quando a mistura ainda está semi-fluida e adaptável. Nessa altura, ela se apresenta pouco capaz de expandir-se ou comprimir o modelo de cera, ou mesmo alterar a dimensão da cavidade ocupada pelo modelo. Por isso, com relação à proporção água-pó, as misturas mais espessas apresentam os valores mais baixos de expansão, devido, provavelmente, ao pequeno tempo de presa (presa mais rápida) que não permitiu uma expansão completa".

Novamente HOLLENBACK³², em 1948, retornou à linha de pesquisa iniciada em 1943, demonstrando que: "o revestimento, tomando presa numa condição supersaturada, mostrará uma expansão muito maior que a expansão normal de presa. Dessa forma, uma quantidade desejável de expansão pode ser obtida simplesmente alterando a proporção água-pó. O anel deverá ser deixado no banho por 30 minutos, e se ele ficar mais tempo nenhum prejuízo ocorrerá, assim como nenhuma expansão que possa ocorrer após esse período trará qualquer consequência".

Em 1949, DOCKING & CHONG²⁰, ao concluírem as séries de pesquisas efetuadas em 1948, consideravam que: "1- a granulação e proporção de sílica, em revestimentos experimentais pelo menos, são muito importantes, e os revestimentos comerciais variam largamente em suas respostas à expansão higroscópica; 2- a imersão do anel recém-preenchido em água produz uma expansão de presa adicional, e a quantidade dessa expansão higroscópica de presa depende do tipo de revestimento e da técnica adotada; 3- a espessura da mistura de revestimento é provavelmente a variável mais usada para controlar o grau de expansão higroscópica; e 4- o tempo de intervalo entre a mistura e a imersão também deve ser considerado, e quase sempre o período mais curto é o que apresenta melhores resultados".

Neste mesmo ano, DEGNI¹⁵, estudando a expansão higroscópica dos revestimentos dentários, relatava que: "apesar de todo trabalho de investigação feito neste campo, não se sabe até o momento que espécie de fenômeno ocorre, quando o revestimento é submetido à expansão higroscópica. Uma explicação é possível, atualmente, e está relacionada a um fenômeno coloidal. É evidente que há um aumento de volume quando a água entra em contacto com o revestimento; tal fenômeno imediatamente sugere embebição de um colóide de qualquer natureza. Sô é possível sustentar a teoria de presa do gesso que afirma a existência de um gel que seja hidrófilo e sofra embebição no período de presa que antecede a completa cristalização do gypsum. Contudo, é obscura a razão de que a água precisa entrar em contacto com o gesso, durante a reação e não incorporada à mistura como excesso". Concluiu ainda que: "a quantidade de água presente, externa ao revestimento, afeta a magnitude da expansão higroscópica. A menos que haja uma excessiva quantidade de água a expansão higroscópica será menor".

Em 1950, LANDGREN & PEYTON³⁷ relatavam os resultados de seus experimentos e concluíam: "quando a imersão em água, após a mistura, é tão rápida quanto possível, ocorrerá uma grande expansão, e ela decresce com o aumento do tempo entre a mistura e a imersão". Assim

sendo, comentavam os autores, uma maior expansão será obtida e os resultados serão mais uniformes quando o revestimento for imerso antes da presa inicial. A temperatura do banho não parece afetar a expansão quando a imersão é feita antes do tempo de presa inicial, porém, quando é feita após esse tempo de presa, as temperaturas altas ocasionam aumento da expansão higroscópica.

No ano seguinte, HOLLENBACK³³ apresentava um breve relato do desenvolvimento das técnicas de fundição, onde eram analisadas as propriedades dos materiais usados. A técnica utilizada pelo autor resumia-se no emprego da inclusão a vácuo e da expansão higroscópica do revestimento nas fundições odontológicas, técnica que tem dado excelentes resultados para o autor.

DELGADO¹⁶, em 1953, estabeleceu que a expansão higroscópica de presa pode ser influenciada pela espatulação, pela adição de um retardador e também pela variação da relação água-pó. Para desenvolver esse trabalho, estudou comparativamente os métodos de DEGNI e de DOCKING & CHONG, na mensuração da expansão higroscópica de presa, donde concluiu que: "1- a expansão obtida após a imersão em banho higroscópico durante 30 minutos é tão pequena que pode ser considerada nula; 2- o aumento da quantidade de espatulação aumenta o valor da expansão higroscópica de presa; e 3- o valor da expansão higroscópica de presa está inversamente relacionado com o tempo de presa inicial do revestimento".

Ainda em 1953, DELGADO & PEYTON¹⁷, usando o método de mensuração com microscópio micrométrico, relatavam que a espatulação mecânica proporciona a mais alta expansão para misturas espessas, quando o banho de água está na temperatura ambiente. A amostra foi imersa em água, imediatamente após a espatulação, sendo que a mais alta expansão ocorreu nos primeiros 20 minutos após o início da mistura. Dos 20 aos 30 minutos de imersão há uma expansão contínua, porém pouco significativa, podendo ser desprezada por ser de pequena valia clínica.

Segundo MAHLER & ASGARZADEH⁴⁷, em 1953, desde que a contração dos materiais à base de gesso é causada pela transformação de hemidrato em dihidrato, na presença de água, a quantidade de contração medida dependeria da quantidade de hemidrato presente no anel de fundição. Então uma contração volumétrica acompanharia o processo de presa. É evidente que, embora a dimensão externa da amostra cresça ligeiramente, baseando-se nas medidas da expansão de presa, o volume real da massa diminuiu. Esta contração deve decorrer da formação de poros dentro da amostra, que é aproximadamente proporcional em volume à contração medida. Baseados nessa formação de poros, os autores dizem que uma força impulsora pode então existir dentro da massa que toma presa, a qual recolhe, do meio ambiente, água, ar ou qualquer outro meio fluido ou gasoso.

Em 1954, ASGARZADEH et alii⁶, ao desenvolverem a técnica da água acrescida, empregaram anéis metálicos, seccionados longitudinalmente em quatro porções, e que podiam ser encaixados por meio de pequenos pinos. Duas molas circulares mantinham o anel em posição, oferecendo pouca resistência à expansão do revestimento. A proporção água-pó foi cuidadosamente controlada, sendo a mistura espatulada mecanicamente após tê-lo sido manualmente por 10 segundos. Foi usada uma seringa hipodérmica para adicionar a água no topo do revestimento, 3 minutos após o início da mistura. Nesse trabalho, os autores relatam que o revestimento tem capacidade limitada para absorver água e expandir-se higroscopicamente. Este limite tem sido chamado de "ponto crítico", e é influenciado pela proporção água-pó, manipulação e condição do revestimento. Um aumento no número de espatulações eleva o "ponto crítico", aumentando a capacidade do revestimento para absorver água e expandir-se. Entretanto, alguns trabalhos preliminares indicam que um aumento de velocidade de espatulação abaixaria o "ponto crítico". Isto pode ser devido ao aumento da velocidade de presa, a qual diminui o intervalo de tempo no qual a expansão higroscópica pode efetivamente ocorrer.

ASGAR et alii⁴, em 1955, publicaram um trabalho no qual comparavam as técnicas da água acrescida e da imersão em água. Nesse trabalho, concluíam que: "o fenômeno da expansão higroscópica ocorre sempre que uma massa de revestimento para fundição dental, em processo de presa, é colocada em íntimo contacto com água. A máxima expansão ocorre quando o contacto é realizado tão logo quanto possível, após a mistura ter sido feita". Esses autores determinaram, nesse estudo, que a quantidade de expansão higroscópica, que ocorre quando uma quantidade específica de água é colocada em íntimo contacto com o revestimento durante sua presa, está diretamente relacionada ou definida por essa quantidade de água. Esse ponto crítico representa a capacidade máxima do revestimento para absorver água e sofrer consequente expansão.

Nesse mesmo ano, GUSTAFSSON & HEDEGARD²⁸, fazendo fundições pela técnica da água acrescida, recomendavam que, para se obter sempre o mesmo valor de expansão, uma quantidade constante de revestimento e de água deverá ser usada. Recomendavam, ainda, que a água deve ser destilada ou fervida, para dissolver os gases que poderão formar bolhas durante a espatulação, e para impedir que a presença de produtos químicos proporcionem influência na presa do revestimento e consequente expansão.

Ainda em 1955, LYON et alii⁴¹ reconheciam que a expansão higroscópica do revestimento é uma continuação da expansão normal de presa, durante o período no qual o revestimento está num estado plástico. Essa expansão continuada é produzida pela introdução de água adicional, a qual permite posterior hidratação do sulfato de cálcio. A presença de partículas inertes no revestimento enfraquece sua estrutura e então permite a precipitação dos cristais de hidrato na massa do material. Portanto, para um revestimento expandir-se higroscópicamente, a água adicional deve ser colocada durante o endurecimento da massa. Isto foi demonstrado pelos autores no seguinte ensaio: durante o período crítico do revestimento, no qual a expansão higroscópica ocorre mais prontamente, foram colocadas gotas de água sobre várias áreas do

espécime, por meio de um conta-gotas. Um aumento imediato em extensão foi observado quando cada gota de água foi acrescentada.

Fazendo fundições por meio de um método controlado de acréscimo de água ROSAT⁶⁰, em 1955, utilizou um anel de "korogel" em substituição ao anel metálico. Usando acréscimos de água desde 0,5 ml até 1,0 ml, este autor observou a penetração total da água acrescida, embora naqueles revestimentos preparados com adição de água superior a 1,1 ml, esta não tenha sido totalmente absorvida, restando pequena quantidade na superfície do revestimento. Das observações realizadas por ROSAT, as melhores fundições foram obtidas quando o acréscimo de água foi da ordem de 1,0 ml.

PEYTON et alii⁵⁸, em 1956, publicaram um trabalho no qual relatam o emprego do controle de água acrescida para obter a expansão higroscópica. Dentre várias considerações em torno da técnica, afirmavam que: "a quantidade de água adicionada não depende somente do revestimento, mas também do tamanho do anel de borracha escolhido". Recomendavam ainda que, após a água ter sido colocada no reservatório do anel de borracha, o conjunto deve ser deixado em repouso por um mínimo de 45 minutos. Durante este tempo, a água será absorvida pelo revestimento e o processo de tomada de presa será completado, ocorrendo então a expansão higroscópica.

Ainda em 1956, RYGE & FAIRHURST⁶² observaram que o maior valor da expansão sob a adição de líquidos ocorre justamente antes da perda de brilho superficial do revestimento, e continua até que o líquido seja absorvido (18 a 30 minutos após o início da mistura), após o que ocorrerá uma pequena expansão similar à expansão normal de presa. A expansão obtida pela adição de diferentes quantidades de água e de outros líquidos também indica que a expansão higroscópica ocorre antes da expansão normal de presa. Dados obtidos pela difração de raios-X mostram que a disponibilidade de um excesso de água ou outros líquidos, durante o período de presa, faz decrescer a intensidade final da formação das agulhas de dihidrato, quando se faz a compa-

ração com a reação normal de presa. A hidratação é retardada pela adição de água, ou outros líquidos, durante o período inicial de presa, e também pelo contacto com amiantos secos ou úmidos. Parece lógico, entretanto, atribuir o mecanismo de expansão higroscópica a um fator físico tal como absorção, adsorção, ação capilar e redução de pressão dentro do revestimento, devido à hidratação.

Nesse mesmo ano, SUFFERT & FRAJNDLICH⁶⁹ publicaram um trabalho sobre expansão higroscópica dos revestimentos, ocasionada por diferentes tipos de anéis para fundição. Nesse trabalho, os autores verificaram o tempo exato em que se iniciava a penetração da água. Constataram que isso ocorria invariavelmente aos 5 minutos e correspondia aproximadamente à presa inicial do revestimento, medida com a agulha menor de Gillmore. O tempo de penetração total da água acrescida também foi verificado exceto nos casos além de 1,2 ml, que observaram ser o limite máximo de água que o revestimento foi capaz de absorver nas condições por eles pesquisadas. O maior valor de expansão foi conseguido com o acréscimo de 1,2 ml de água, quantidade esta que correspondia à "capacidade máxima de absorção" por parte do revestimento. Acréscimos superiores a 1,2 ml provocaram uma diminuição da expansão higroscópica, além de não ser a água totalmente absorvida pelo revestimento, permanecendo parte dela sobre a superfície do revestimento.

Em 1957, DOCKING¹⁹, estudando o relacionamento entre a expansão normal de presa e a higroscópica, apresenta dados que reforçam a proposição de que a expansão higroscópica é essencialmente uma continuação do processo normal de presa. A diferença em magnitude, para aqueles que acreditam nesta hipótese, é devida ao fato de que, na higroscópica, a água é utilizada para a presa do revestimento, permitindo posterior hidratação, enquanto que, sob condição normal de presa, os espaços intercrystalinos se tornam previamente vazios de água, condição que limita ou retarda o processo de presa.

DONNISON et alii²³, em 1957, demonstraram que a expansão higroscópica, obtida com água acrescida no tempo de presa inicial de Gillmore, varia linearmente com o logaritmo da superfície específica. Entretanto, quando a água foi adicionada 5 minutos após a mistura, uma relação linear não foi obtida com nenhuma parcela logarítmica. Verificaram, também, que a expansão higroscópica de presa do revestimento para fundição dental aumenta com a diminuição do tamanho das partículas do refratário; contudo, essa variação é relativamente pequena dentro da escala dos pós finos usados nos revestimentos dentários comerciais.

Propondo uma teoria do mecanismo da expansão higroscópica dos produtos de gesso, FUSAYAMA²⁶, em 1957, considerou que as partículas inertes do revestimento para fundição promovem a expansão higroscópica. Explicava que tais partículas inertes bloqueiam a formação da grade cristalina, diminuindo a resistência à expansão dos cristais interligados e deixando um caminho para o líquido fluir. Elas também absorvem água e então funcionam como um reservatório. Esta é a razão pela qual o revestimento tem expansão normal e expansão higroscópica maiores que as dos materiais de gesso puro. A água adicional penetra repentinamente na mistura quando a expansão se inicia, o que ocorre antes do chamado tempo de presa inicial. É, portanto, uma penetração passiva, por embebição, por aumento dos espaços das grades cristalinas, ao invés de uma penetração ativa pela adesão molecular da água. Isto seria provocado pelo fato de que a água adicional não penetra antes do início da expansão, e o tempo da adição da água regula a quantidade dessa expansão somente após o início dela, ou ligeiramente antes.

LUSTER⁴⁰, em 1957, para determinar até onde a água contida num amianto umedecido podia penetrar no interior do revestimento, preencheu um anel com "Baker's Hygroscopic Investment", segundo proporção e tipo de espatulação especificados pelo fabricante. O amianto foi previamente embebido com solução aquosa de um corante. Após 45

minutos, o molde foi seccionado e examinado ao microscópio. Não houve penetração da matéria colorida além da superfície de contacto. Posteriormente, um anel de borracha foi preenchido com o mesmo revestimento e 1 ml de água contendo corante foi adicionado na superfície, imediatamente após a conclusão. No fim de 45 minutos, o molde foi seccionado, mostrando que a água não penetrou mais que 2 ou 3 milímetros, e a coloração permaneceu nessa altura do revestimento. Num outro ensaio, o anel foi igualmente preparado, mas agora imerso em solução corante durante o período de presa. Também não houve diferença marcante na penetração da solução corante, e, embora diferentes corantes solúveis em água fossem empregados, nenhuma alteração notável foi registrada. Esses experimentos qualitativos mostram que a atração capilar não fornece água ou outro líquido para o crescimento dos cristais dentro da massa de revestimento tomando presa.

Ainda em 1957, MAHLER⁴², fazendo uso da técnica da água acrescida para fundições dentais, relacionava a quantidade de água adicionada com a subsequente expansão. Determinada o ponto da expansão máxima que corresponde também ao ponto máximo de água absorvida, chamado ponto crítico. Quando empregou 1 ml de água acrescida, o autor conseguiu a compensação desejada, correspondente a 1,6% de expansão linear. Determinou também que a capacidade do revestimento em expandir e absorver água está na dependência da proporção água-pó, tempo e tipo de espatulação e contaminação do revestimento.

SKINNER & DEGNI⁶⁷ publicaram um trabalho em 1957, no qual expunham certas considerações sobre a expansão higroscópica dos revestimentos odontológicos. Consideravam que tal expansão se manifesta pelo aumento em volume de um produto de gesso, quando ele é deixado tomar presa sob água, ou em contacto com outra água que não aquela incorporada na mistura. É evidente que nenhum valor absoluto para a expansão higroscópica pôde ser obtido, desde que sua magnitude foi aparentemente uma função do método de medida empregado, do grau de confinamento e da retenção friccional.

ANSKE³, em 1958, empregando soluções corantes no revestimento, conforme a técnica da expansão higroscópica pela adição de água, constatou, após seccionar o corpo de prova longitudinalmente, segundo seu longo eixo, que a penetração da solução era apenas superficial, atingindo, após 30 minutos do início da mistura, uma profundidade de cerca de 2 a 5 milímetros. Da mesma forma, aplicando soluções corantes na técnica do banho higroscópico, conforme o recomendado por SCHEU, determinou uma penetração de aproximadamente 6 a 7 milímetros de profundidade. Diante desses resultados, o autor concluiu que: "a água introduzida posteriormente não penetra de uma maneira uniforme na massa e, portanto, o revestimento também não pode igualmente apresentar uma expansão higroscópica uniforme".

ASGAR et alii⁵, no ano de 1958, relataram um trabalho no qual verificaram que a expansão externa do revestimento se inicia 1 ou 2 minutos antes da expansão interna. Quando a água superficial foi absorvida, o material cessa de se expandir, por um período de 4 a 5 minutos, e, então, perto do tempo de presa inicial, ele volta a expandir-se mas a uma taxa bem menor que inicialmente. Explicavam ainda que a afluência da água é meramente devida a um processo contínuo de transferência, pelo qual a água flui da superfície externa para o ponto no interior, onde ela é necessária. Entretanto, concluíam que: "a expansão higroscópica não é causada pela continuação do crescimento normal dos cristais nem é causada pela água que penetra nos espaços ou interstícios pela ação capilar, ainda que uma parcela da expansão possa ser devida ao crescimento do cristal".

Ainda em 1958, MUMFORD & PHILLIPS⁵⁰ verificaram a expansão e a distorção da cera ocorridas em diferentes áreas do anel. Em geral, a expansão e a distorção aumentaram quando o modelo foi colocado perto da base de borracha formadora do cadinho, e também quando o modelo foi movido para o lado do anel. A expansão máxima foi obtida colocando-se o modelo perto do anel e na extremidade fechada ou base de borracha. Nas técnicas em que a expansão higroscópica foi utilizada, houve um decréscimo da expansão na extremidade livre do anel. Isto pode

ser devido ao enfraquecimento do revestimento pela diluição em água.

Já em 1959, MAHLER⁴³, apoiando-se na teoria de que a expansão higroscópica ocorre porque a água, em contacto com a massa que toma presa, serve para reduzir a ação expansão-inibição ocorrida na fase líquida, propunha a utilização de um aparelho para confirmar essa hipótese. Este aparelho se destina a medir e registrar automaticamente a expansão, ao mesmo tempo em que controla a adição de água durante a presa dos produtos de gesso. O autor ainda relatava que: "a expansão se deteve quando o suprimento de água cessou e reiniciou-se imediatamente após o reinício do suprimento de água".

A chamada "expansão efetiva de presa" foi estudada por ADY & MAHLER¹, em 1960. Nesse trabalho, os autores relatavam que o potencial de expansão de um revestimento para fundição é determinado por muitos fatores, nos quais se incluem: composição; condição do revestimento; proporção água-pó e espatulação. Entretanto, este potencial não se realiza completamente sob condições práticas, por causa da influência restritiva do modelo de cera e do anel para fundição.

Ainda em 1960, DONNISON et alii²⁴, por meio de estudos calorimétricos, demonstraram que a imersão em água de uma mistura umedecida de gesso calcinado (hidrocal) aumenta a intensidade e a grandeza da hidratação. Uma quantidade de 10 ml de água acrescida, para uma mistura de 100 gramas de gesso calcinado, foi suficiente para dar uma hidratação completa; porém, com quantidades menores de água o efeito foi reduzido. É duvidoso que o aumento da intensidade da reação, sob condição higroscópica de presa, seja suficiente para proporcionar uma expansão adicional, mas pode ser um fator contribuinte. Isto seria importante, diziam os autores, quando se considera o efeito da proporção água-pó, que, se aumentada, resulta em menor expansão higroscópica de presa. A diminuição da proporção água-pó (misturas mais espessas) também significa menor hidratação, assim como a adição de água após a mistura ocasionará um efeito marcante no curso da hidratação das misturas mais espessas.

Os experimentos de JØRGENSEN³⁶, em 1960, mostraram uma relação clara entre a expansão do gesso e o grau de ação capilar, determinado pela tensão superficial da fase líquida, durante a tomada de presa da massa de gesso. Além disso, verificou que a expansão higroscópica do gesso depende somente da ação capilar e pode evidentemente ser explicada por esse fenômeno. A eliminação completa da ação capilar resulta num máximo de expansão higroscópica. A presença de maior ou menor ação capilar durante o processo de presa neutralizará, num grau maior ou menor, a pressão devida ao crescimento dos cristais de dihidrato. O efeito redutor da expansão, exercida pelas forças capilares, é maior no início do processo de presa.

MAHLER & ADY⁴⁴, em 1960, explicavam que: "quando produtos de gesso são deixados tomar presa ao ar, exibem uma expansão de seus limites periféricos, que é conhecida como expansão normal de presa. Quando água adicional é colocada em contacto com o material tomando presa, um aumento da expansão é observado. Esta última expansão tem sido denominada de expansão higroscópica". Baseando-se em evidências consideráveis, os autores apelam a hipótese de que o atual mecanismo da expansão higroscópica seja o mesmo que o da expansão normal de presa, especialmente a manifestação do crescimento dos cristais de gesso. A única diferença, então, entre a expansão higroscópica e a expansão normal seria referente à adição de água na massa tomando presa, e pareceria indicar que a chave da explicação deste fenômeno deve repousar no desempenho desta água suprida adicionalmente. Neste caso, a água acrescida, além de compensar a água utilizada na reação, providenciaria espaço adicional para o crescimento desinibido dos cristais de gesso, o que não acontece na expansão normal devido às forças de inibição causadas pela perda de água durante a reação.

Em 1961, BERGMAN & SÖREMARK⁷ empregaram água tritiada para verificar a penetração da água acrescida durante a expansão higroscópica de presa, em revestimento cristobalite "Kerr". Após 5 minutos do início da mistura, 2,5 ml de água tritiada (20°C), com atividade específica de 500 mC, foram adicionados na parte superior de um anel de bor-

racha contendo revestimento. Após 60 minutos, o excesso de água tritiada, que permanecia no topo do revestimento endurecido, foi removido. O cilindro de revestimento, logo que retirado do anel de borracha, foi seccionado transversalmente em 4 porções de 1 centímetro de espessura. Cada secção foi partida em pequenas porções e pesada, e em seguida colocada em frasco de vidro contendo 10 ml de toluol. Fosfo-cintilador 2,5 difeniloxazol (1 g por 300 ml de toluol) foi adicionado nos frascos, e a quantidade de trítio existente na secção foi detectada num cintilador líquido "Packard". Os autores observaram que a concentração de água tritiada, por unidade de comprimento do cilindro de revestimento, decresce rapidamente do topo para a base. A concentração média de água tritiada no primeiro centímetro foi cerca de 15 vezes maior que no centímetro seguinte. A autoradiografia mostrou que a concentração de água tritiada penetrada nos primeiros milímetros foi muito alta e decresceu rapidamente através do cilindro de revestimento. Concluíram ainda que a concentração foi muito baixa na camada adjacente ao cone de borracha. Os vários níveis de concentração no interior de cada secção foram os mesmos, isto é, a concentração foi a mesma, tanto nas regiões próximas do anel como no centro do cilindro de revestimento.

HERRICK et alii³⁰, em 1961, fazendo estudos sobre revestimento higroscópico para fundições de pontes, relatam que a expansão pode ser controlada pela quantidade de água adicionada durante a tomada de presa. As variações de expansão foram também calculadas para tipos de cera, variações de espatulação, alteração da proporção água-pó e temperaturas de presa. Neste estudo, os autores concluíram que a qualidade da fundição foi afetada pelo tipo de pino e posição do modelo de cera no anel.

Em 1961, MUNFORD⁴⁹, relatando estudos comparativos para determinar a formação de espaços ao redor do modelo de cera, durante a expansão normal de presa e a higroscópica, concluiu que esses espaços ocorrem na superfície externa do modelo e também na parede gengival,

paredes vestibular e lingual da superfície oclusal e caixa proximal. Os espaços formados na superfície de cimentação afetaram a dimensão da fundição numa área típica — parede gengival — onde variam de um máximo de 0,12 mm, na expansão higroscópica, para 0,01 mm na expansão normal de presa de um revestimento, quando se utiliza a técnica da expansão térmica.

Neste mesmo ano, SHELL⁶⁶ fez estudos sobre o efeito restritivo de forças longitudinais sobre a expansão higroscópica. Aparentemente, dizia o autor, essas forças impedem a água de entrar no revestimento e é provável que o aumento da expansão higroscópica em relação à expansão normal de presa seja completamente independente da reação de presa do sulfato de cálcio hemidrato. A reação de presa pode ser considerada uma reação química, enquanto o efeito higroscópico pode ser resultante de uma ação física, tal como absorção. Possivelmente, o sulfato de cálcio hemidrato quimicamente puro não mostraria uma expansão higroscópica, e a pequena quantidade de expansão obtida no hidrocal ou gesso de Paris, poderia ser devida a impurezas.

Ainda nesse ano, PALMER et alii⁵⁵ fizeram experimentos para estudar a expansão de presa dos revestimentos sob a influência das tiras de amianto. Os resultados podem ser explicados por meio da iniibição física da expansão de presa devida ao anel metálico para fundição. Teoricamente, a maior expansão poderá ser na direção axial, em direção à extremidade livre do anel. Suposição razoável também é que a expansão lateral seja afetada de acordo com a liberdade do revestimento para poder expandir-se. Esta teoria ajuda a explicar o fato de que a expansão do revestimento para fundição, em dimensão lateral, aumenta da extremidade livre em direção ao formador do cadinho ou base do anel.

HOLST³⁴, em 1962, investigou a expansão higroscópica que ocorre quando uma amostra de revestimento em processo de tomada de presa é colocada em contacto com outra amostra espatulada recentemente. Os resultados mostram que um aumento considerável ocorre na expansão do

revestimento, e que esse aumento depende do tempo no qual a massa recentemente espatulada foi adicionada. O efeito da expansão higroscópica foi maior quando o segundo revestimento foi adicionado 6 a 7 minutos após o início da mistura da primeira amostra. Este tempo é aproximadamente o estágio no qual a primeira amostra começa a absorver água da segunda amostra.

No ano seguinte, MAHLER & ADY⁴⁵ estudaram a influência de vários fatores que alteram a expansão efetiva de presa dos revestimentos para fundição. Dentre muitos fatores, como: proporção água-pó, espatulação e tipo de cera, consideram ainda como de grande significância a posição do modelo de cera no interior do anel. Nesse sentido, concluíram que a expansão efetiva é aumentada significativamente pela deslocação do modelo de cera para o centro do anel.

EARNshaw²⁵, em 1964, relatou em seu trabalho que todos os produtos de gesso, durante a tomada de presa, mostraram uma contração volumétrica enquanto durou o estágio fluido. Ela cessou quando a mistura perdeu fluidez e, então, uma expansão se iniciou. Embora a velocidade de contração inicial varie, e também a intensidade da expansão subsequente, o mínimo sempre ocorre num tempo constante para um dado revestimento (desde que as condições ambientais permaneçam constantes). Esse mínimo foi considerado como ponto zero para a expansão de presa, correspondente pois ao momento em que a expansão efetiva se inicia, ou seja, o tempo no qual a contração inicial cessa para, em seguida, começar a expansão de presa.

Estudando o efeito do banho de água na técnica higroscópica, MAHLER & ADY⁴⁶, em 1965, relataram que existe uma tendência geral voltada para um acentuado aumento na expansão em todas as direções, quando a temperatura ambiental de presa foi aumentada de 21,1 para 37,8°C (70 para 100°F). Desde que a temperatura foi o único fator variável no experimento, em que um anel provido de tira de amianto foi imerso num banho de água a 37,8°C (100°C), a variação dimensional pode ser especificamente atribuída não a uma expansão higroscópica, mas a uma

expansão térmica do modelo de cera, com talvez alguma expansão adicional devida ao amolecimento da cera como um resultado colateral do aumento de temperatura. É interessante completar, diziam os autores, que a técnica higroscópica, como sugerida por SCHEU, é, na realidade, uma técnica de expansão da cera introduzida por VAN HORN.

Em 1966, VIEIRA et alii⁷⁵, fazendo estudos sobre a expansão de presa de revestimentos para fundição, concluíram que: "a expansão dos revestimentos usados, na região correspondente à cavidade ocupada pelo modelo de cera, independe das dimensões dos anéis, ou, em outras palavras, do volume do bloco de revestimento, quer se considere a distância mésio-distal na porção gengival ou na porção oclusal".

Continuando essa mesma linha de pesquisa, no ano seguinte, VIEIRA et alii⁷⁷ verificaram o comportamento de dois modelos de cera, montados em distâncias axiais diferentes, num mesmo anel para fundição. Segundo os autores, os dois modelos tiveram comportamento diferente, no que respeita à distância mésio-distal em oclusal. O modelo colocado superiormente no anel sofre maior expansão que aquele situado inferiormente. O mesmo não ocorreu em gengival. A explicação é a seguinte: "as faces gengivais das porções proximais situavam-se no interior da porção do revestimento rodeado pelo anel de borracha, rígido, usado para criar espaço para a água a ser adicionada. A rigidez desse aro terá, eventualmente, inibido a expansão maior nessa região. As faces gengivais das porções proximais, no modelo inferior, pelo contrário, estando incluídas em porções de revestimento não rodeado por tal aro (capaz de ação de confinamento), teriam tido uma expansão mais livre. As condições não seriam, pois, totalmente iguais nos modelos 1 e 2, no que respeita às porções gengivais".

BLENGIO⁸, em 1969, fazendo estudos sobre a evolução da precisão dos blocos fundidos de ouro, relatava que a expansão higroscópica ocorre com o modelo de cera no interior do revestimento e, segundo leis gerais, as possibilidades da ocorrência do fenômeno são varia-

das. Dentre elas, destacava que: a- produzir-se-ia no revestimento o fenômeno de embebição molecular, o que resultaria numa deformação do modelo de cera por compressão (coisa pouco provável) e, b- a expansão do revestimento ocasionaria tensões no seu interior, as quais presumivelmente se libertariam ao aquecer o cilindro. Em todos os casos, como se vê, não há possibilidade de aumento dimensional da câmara do modelo e, se alguma alteração dimensional ocorre, será imprevisível e indesejável. Tanto um método como o outro não levariam aos resultados desejados pois a expansão do revestimento, térmica ou higroscópica, daria lugar ao fenômeno indesejado: achatamento da câmara do modelo, por deformação.

Em 1970, JONES & WILSON³⁵ relataram que o fenômeno da expansão higroscópica mostra claramente que a água disponível alterará consideravelmente a expansão obtida. Apesar de, em todos os ensaios, os corpos de prova serem mantidos por 60 minutos em água circulando, lentamente, a uma temperatura de 39°C, a expansão máxima ocorreu após 30 minutos. Relatam, ainda, que o corpo de prova totalmente imerso em água corresponde a uma situação irreal, desde que a água não teria normalmente livre acesso ao material; contudo, esse experimento demonstrou tendência do material para sofrer a expansão higroscópica.

Em sua tese de doutoramento, em 1972, publicada resumidamente em 1974, MARQUEZINI⁴⁸ determinou as alterações dimensionais ocorridas nos modelos de cera durante a expansão higroscópica do revestimento dental. Para isso, utilizou anéis confeccionados especialmente, medindo 3,5 cm de diâmetro interno por 4 cm de comprimento. Uma abertura longitudinal de 2,5 cm de largura atingia todo o comprimento do anel. Uma espuma de nylon revestia internamente o anel. A superfície da espuma foi revestida com um lençol de borracha, que contornava ainda as extremidades do anel, permitindo que o revestimento ficasse confinado dentro dessa cavidade cilíndrica formada pelo lençol de borracha. Os dois modelos de cera foram incluídos através da abertura superior correspondente à fenda do anel. Em seguida, 0,8 ml

de água destilada foram adicionados numa extremidade do anel, numa pequena bolsa perfurada, formada pela própria borracha. Outras espécimes, assim construídos, sofreram a adição de água em toda a superfície livre do revestimento que aparecia na fenda longitudinal do anel. Após 24 horas de secagem em ambiente com umidade relativa de 100%, os espécimes foram levados ao microscópio comparador para a segunda leitura das medidas a serem comparadas. O autor concluiu que o local de adição de água não exerceu influência sobre a expansão a que foram submetidos os padrões de cera. Assim sendo, não houve diferença significativa entre a expansão higroscópica de presa que ocorreu na parte superior do cilindro de revestimento e aquela verificada na parte inferior do mesmo. Esses resultados, disse o autor, confirmam a teoria de ASGAR de que a água, adicionada na extremidade do cilindro de revestimento, ocupa progressivamente o lugar daquela que, estando numa camada imediatamente inferior, é absorvida por uma terceira camada considerada; e assim por diante, até que, em todos os níveis do bloco de revestimento exista uma mesma "concentração" de água.

Procurando focalizar as diferenças entre porosidade e permeabilidade, TIDY⁷², em 1974, salientava que porosidade é simplesmente a proporção da magnitude do volume de vazios existente em um material — em relação ao volume total, sem que isso envolva alguma referência à penetração. Entretanto, dizia, é comum que sólidos altamente porosos sejam altamente permeáveis, o que também não é uma regra invariável. Nesse trabalho, o autor mediu a permeabilidade do revestimento, previamente aquecido, por meio de um aparelho que determinava a passagem de um fluxo de ar através da amostra. A porosidade do revestimento foi deduzida das medidas dos poros existentes dentro de uma amostra, de volume conhecido. O coeficiente de permeabilidade foi obtido aplicando a lei de Darcy. Os resultados indicaram que o decréscimo da proporção pó-água conduziu a um pequeno aumento de porosidade e a um grande aumento em permeabilidade.

CECCONI & ASGAR¹⁰, em 1975, apresentaram uma técnica higroscópica modificada, na qual utilizaram um modelo constituído de ceras de consistências variadas. Nesse trabalho, alegam que a adição de uma quantidade específica de água, imediatamente após o preenchimento do anel, permite controlar a expansão ocorrida no revestimento. A quantidade dessa água deverá variar de acordo com o tamanho do modelo de cera, e a adição de maior quantidade de água resultará numa maior expansão do revestimento.

CAPÍTULO III
PROPOSIÇÃO

3. PROPOSIÇÃO

Tendo em vista as controvertidas opiniões dos autores citados, no que diz respeito à penetração da água crescida na técnica da expansão higroscópica, e levando em conta as considerações apresentadas inicialmente, propomo-nos a:

1. estudar a distribuição da água tritiada no interior da massa de revestimento, quando empregamos a técnica da água crescida;
2. verificar as influências, sobre o regime dessa distribuição, que pudessem ser ocasionadas pela ação das variáveis seguintes:
 - 2.1. com água crescida e sem cone de borracha;
 - 2.2. sem água crescida e com cone de borracha;
 - 2.3. sem água crescida e sem cone de borracha.

CAPÍTULO IV
MATERIAIS E MÉTODOS

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. PROGRAMAÇÃO DOS ENSAIOS

4.1.1. Corpo de prova padrão

Confeccionamos 5 corpos de prova segundo a técnica da água acrescida, idealizada por ASGARZADEH et alii⁶, para neles determinarmos a possível movimentação de água existente na massa de revestimento, objetivo de nosso estudo.

Para cada corpo de prova, assim preparado, foi utilizada a proporção de 50 gramas de pó para 14 ml de água. Essa quantidade de água foi obtida pela adição de 1 ml de água tritiada a 13 ml de água destilada.

4.1.2. Modificações introduzidas

Os tratamentos introduzidos como variáveis foram tão somente aqueles que se referem à água acrescida e ao cone de borracha, visando a pesquisa de possíveis modificações na formação dos níveis de concentração de água.

4.1.2.1. C.p.* com água acrescida e sem cone de borracha

Confeccionamos 5 c.p. sem a base inferior de borracha, de modo a obtermos um cilindro sem o cadinho para fundição. A água acrescida foi adicionada da maneira recomendada pela técnica normal.

* Abreviatura adotada para indicar corpo de prova.

4.1.2.2. C.p. sem água acrescida e com cone de borra- cha

Fizemos 5 c.p. com base de borracha formadora do cadinho para fundição e não adicionamos 1 ml de água como indica a técnica.

4.1.2.3. C.p. sem água acrescida e sem cone de borra- cha

Os 5 c.p. foram confeccionados sem a base de borracha e sem acréscimo de água.

4.2. DESCRIÇÃO DA PARTE EXPERIMENTAL

Todos os ensaios, tanto os da técnica da água acrescida como aqueles que sofreram a introdução de variáveis, foram efetuados em ambiente normal de temperatura e umidade.

4.2.1. Modelo de cera

Com a finalidade de introduzirmos na parte experimental todas as condições semelhantes à técnica da expansão higroscópica, colocamos o modelo de cera no interior do revestimento a ser estudado.

Esse modelo foi obtido a partir de uma matriz metálica⁶¹, representativa de uma cavidade de classe II composta (MO), constituída de duas peças, que são mantidas unidas e imóveis em uma base metálica em forma de calha.

Como é usual, plastificamos a cera sobre a chama e a condensamos na cavidade da matriz previamente isolada, sendo, posteriormente, resfriada sob pressão. O excesso de cera foi eliminado por meio de uma lâmina de borda cortante, de forma a obtermos um mode

lo com superfícies lisas em todas as faces.

4.2.2. Confeção dos c.p.

Para confeção dos c.p. de revestimento procedemos da seguinte maneira:

Colocamos no gral de borracha 13 ml de água destilada^{7, 27, 57, 59, 68, 77}, e 1 ml de água tritiada ($^3\text{H}_2\text{O}$)*, com atividade específica de 176 μ Ci/ml, fazendo uso de pipetas providas de pro-pipetas.

Em seguida, vertemos no gral 50 gramas de revestimento G-C'S NEW HYGRO INVESTMENT**, especial para a técnica da expansão higroscópica, o que nos conferia a proporção de 50 gramas de pó para 14 ml de água. Essa proporção foi determinada segundo instruções da especificação nº 2 da Associação Dentária Americana, para o teste de consistência do material, tipo II².

Com o auxílio de uma espátula para gesso, misturamos ligeiramente a água com o revestimento para, em seguida, espatularmos durante um tempo de aproximadamente 45 segundos, com um espatulador mecânico-manual, totalizando 80 voltas na espátula^{12, 59, 60, 68}.

Após espatulado, vertemos o revestimento, sob vibração^{7, 17, 59}, no interior do anel, devidamente provido do modelo de cera. O pino metálico mantinha esse modelo cerca de 6 mm distante do ápice da base de borracha^{28, 50}. Desta forma, em todos os experimentos, o modelo de cera situou-se sempre numa mesma zona no interior do cilindro de revestimento (Fig. 1, p. 33).

Uma vez totalmente preenchido, retiramos o anel metálico e colocamos o aro de borracha rígida. Esse dispositivo delimitava uma área na região superior do revestimento, onde colocamos 1 ml de água destilada^{40, 69}, com auxílio de uma pipeta provida de pro-pipeta.

* Amersham/Searle, Arlington Hts., Illinois, USA.

** The G.C Chemical MFG., Co., Japão.

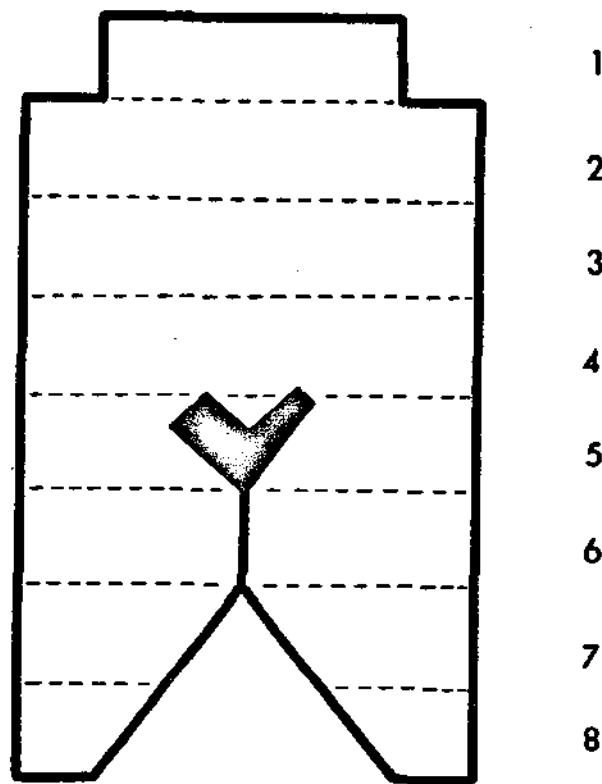


FIGURA 1 - Esquema do corte longitudinal do bloco de revestimento, indicativo do posicionamento do modelo de cera e das secções transversais.

Essa situação era mantida até que a água acrescida desa parecesse do topo do revestimento, fato que ocorria num espaço de tem po de 25 a 30 minutos.

4.2.3. Seccionamento dos c.p.

Após 25 a 30 minutos, necessários para a infiltração de 1 ml de água acrescida, o revestimento oferecia condições de resis tência suficiente para retirá-lo do anel de borracha flexível.

Este procedimento também deveria proporcionar ao reves timento o seu máximo de expansão higroscópica^{5, 18, 22, 25, 32, 35, 42, 58, 62, 69, 77}, e, a nosso ver, condições favoráveis para o nosso pro pósito, o que nos permitiu padronizar os experimentos.

Assim sendo, com o auxílio de um arco munido de serra fina^{75, 76, 77}, seccionamos o c.p., transversalmente ao seu longo eixo, em 8 secções de aproximadamente 6 mm cada uma. Iniciamos esta operação a partir da extremidade do cilindro que correspondia à porção onde foi colocada a água acrescida, e prosseguimos até atingir a últi ma camada, correspondente à base do cone de borracha.

Com este modo de proceder, obtínhamos secções em forma de disco que eram numeradas de 1 a 8 e, como norma de trabalho, envol tas em papel impermeável.

Em seguida, com o auxílio de um bastão de vidro, trituramos as secções sobre uma placa de vidro e, imediatamente, as tamiza mos num tamis Telatest de malha 80 (abertura de 0,177 mm).

4.2.4. Pesagem

Do volume de material resultante de cada secção tamiza da, pesamos 0,1 grama que, logo após, era colocado num frasco contendo 10 ml da solução de BRAY. Repetimos a operação até obtermos cinco amostras para cada secção.

Desde o início da espatulação até o final da pesagem, isto é, quando colocamos a última amostra na solução de BRAY, havíamos gasto um tempo médio de 1 hora e 30 minutos.

4.2.5. Solução cintiladora de BRAY

A solução cintiladora de BRAY^{9,54}, que utilizamos neste caso, é um sistema solvente muito versátil que pode ser usado para uma grande variedade de tipos de amostras. A sua composição é a seguinte:

- 4 g PPO (2,5 difeniloxazol)
 - 200 g POPOP (1,5 bis [2-(5-feniloxazolil)] benzeno)
 - 60 g Naftaleno
 - 100 g Metanol
 - 20 g Etileno glicol
- Completar com um litro de Dioxano.

Preparamos a referida solução e a armazenamos em recipiente de vidro, cor âmbar, até o momento de transferir os 10 ml para os frascos usados no cintilador líquido.

4.2.6. Contagem da radiação

A cintilação líquida que usamos é um método que emprega a detecção da radioatividade por meio de uma solução fluorescente e de uma válvula fotomultiplicadora. A solução cintiladora converte em luz a energia da partícula primária emitida pelo radioisótopo e uma válvula fotomultiplicadora absorve essa energia luminosa produzindo um impulso eletrônico que após ampliado é contado por um circuito analisador⁵³.

Baseando nesse princípio, o cintilador líquido tem sido aplicado para detectar emissão beta negativa de baixa energia. Em geral, a amostra radioativa é colocada em íntimo contacto com a solução

cintiladora, por dissolução. Neste trabalho a amostra foi colocada em suspensão no solvente.

O aparelho, um cintilador líquido da NUCLEAR CHICAGO, Modelo 724, foi calibrado para detectar o radioisótopo ^3H (trítio), nas seguintes especificações técnicas⁵²:

- a) alta voltagem - 975 volts "data", e
1.500 volts "gate".
- b) canal de contagem - 0,5-9,9 volts.
- c) contagem - 4 minutos ou 20.000 contagens.
- d) temperatura - 4°C.

As contagens da radiação de fundo e da amostra radioativa foram fornecidas pelo sistema de registro automático do aparelho, em tiras de papel.

4.2.7. Radiação de fundo

Os frascos usados para o sistema de cintilação líquida, contendo 10 ml da solução de BRAY cada um, sofreram a contagem da radiação de fundo antes de colocarmos a amostra radiativa.

O tempo de contagem foi padronizado em 4 minutos para cada frasco. Havendo um total de 40 frascos, 5 para cada secção, utilizamos 2 horas e 40 minutos para determinar a radiação de fundo de cada ensaio.

4.2.8. Radiação da amostra

Após termos determinado a radiação de fundo dos frascos contendo a solução de BRAY, os mesmos permaneceram no aparelho até o momento de receber as amostras de revestimento.

Em seguida à pesagem, como descrito no item 4.2.4., colo

camos os frascos no transportador de amostras e esperamos que o sistema refrigerador do aparelho atingisse 4°C , condição de temperatura considerada ideal para a contagem de amostras radioativas no cintilador líquido.

Com este procedimento obtínhamos a contagem radioativa das amostras de revestimento, totalizando oitocentas contagens para o experimento completo.

CAPÍTULO V
RESULTADOS OBTIDOS

5. RESULTADOS OBTIDOS

Apresentamos neste Capítulo, as médias das contagens para cada secção e as médias finais obtidas nos quatro tipos de ensaios.

As contagens das amostras foram realizadas durante 4 minutos ou 20.000 contagens. Empregamos um computador de mesa OLIVETTI PROGRAMMA 101, a fim de, a partir dos dados obtidos, calcular a taxa de contagem líquida, o desvio padrão e o coeficiente de variação, por meio das seguintes equações⁵¹:

$$R_L = \frac{N_B}{t_B} - \frac{N_F}{t_F} \quad \text{onde,}$$

R_L = taxa de contagem líquida, em impulsos por minuto (cpm).

N_B = contagem bruta, em impulsos.

N_F = contagem da radiação de fundo, em impulsos.

t_B = tempo utilizado para detecção da contagem bruta, em minutos.

t_F = tempo utilizado para detecção da radiação de fundo, em minutos.

$$S_L = \sqrt{\frac{N_B}{t_B^2} + \frac{N_F}{t_F^2}} \quad \text{onde,}$$

S_L = desvio padrão da taxa de contagem líquida, em impulsos por minuto (cpm).

$$C_V = \frac{S_L}{R_L} \cdot 100 \quad \text{onde,}$$

C_V = coeficiente de variação, em percentagem.

Os resultados oriundos desses cálculos encontram-se no Capítulo 9, item 9.1.

MÉDIA DAS CONTAGENS PARA CADA SECÇÃO NA TÉCNICA DA
ÁGUA ACRESCIDA

Detecção nº 01		Detecção nº 02	
Secção	Contagem (cpm)	Secção	Contagem (cpm)
1	8 334,36	1	3 748,30
2	28 321,57	2	13 272,56
3	23 629,79	3	17 769,52
4	24 366,11	4	15 533,15
5	31 165,00	5	19 686,21
6	30 016,55	6	15 128,28
7	21 474,47	7	12 262,95
8	6 563,35	8	10 982,86

Detecção nº 03		Detecção nº 04	
Secção	Contagem (cpm)	Secção	Contagem (cpm)
1	3 711,65	1	4 356,35
2	13 138,14	2	17 852,32
3	17 776,32	3	19 720,01
4	15 734,72	4	19 711,99
5	20 191,82	5	19 647,83
6	15 081,02	6	17 224,27
7	12 211,29	7	16 443,03
8	10 726,08	8	11 957,41

Detecção nº 05

Secção	Contagem (cpm)
1	5 479,46
2	19 863,05
3	21 050,93
4	16 733,96
5	19 744,70
6	17 236,10
7	15 919,71
8	11 481,02

MÉDIA DAS CONTAGENS PARA CADA SECÇÃO DOS C.P.
COM ÁGUA ACRESCIDA E SEM CONE

Detecção nº 06		Detecção nº 07	
Secção	Contagem (cpm)	Secção	Contagem (cpm)
1	5 036,56	1	5 078,27
2	26 848,06	2	26 922,16
3	33 439,63	3	33 441,60
4	31 413,76	4	31 422,36
5	30 931,15	5	31 121,79
6	30 775,86	6	30 797,32
7	29 496,78	7	29 575,73
8	28 065,71	8	27 279,44

Detecção nº 08		Detecção nº 09	
Secção	Contagem (cpm)	Secção	Contagem (cpm)
1	7 272,61	1	7 286,84
2	28 370,34	2	28 344,25
3	30 957,82	3	30 851,02
4	29 682,64	4	29 767,34
5	29 932,04	5	30 207,06
6	30 181,49	6	30 064,30
7	28 564,16	7	27 720,71
8	29 622,37	8	29 711,89

Detecção nº 10

Secção	Contagem (cpm)
1	11 218,78
2	30 053,41
3	33 009,93
4	31 622,48
5	31 301,15
6	31 470,12
7	28 739,39
8	29 855,64

MÉDIA DAS CONTAGENS PARA CADA SECÇÃO DOS C.P.
SEM ÁGUA ACRESCIDA E COM CONE

Detecção nº 11		Detecção nº 12	
Secção	Contagem (cpm)	Secção	Contagem (cpm)
1	25 709,50	1	23 456,13
2	24 154,85	2	24 057,72
3	25 695,79	3	26 142,43
4	22 832,34	4	24 945,74
5	21 129,40	5	25 669,61
6	26 396,48	6	26 777,66
7	22 256,27	7	23 245,10
8	19 702,70	8	17 810,46

Detecção nº 13		Detecção nº 14	
Secção	Contagem (cpm)	Secção	Contagem (cpm)
1	23 782,97	1	25 008,45
2	24 425,33	2	29 434,81
3	27 109,79	3	29 222,31
4	24 961,82	4	27 625,26
5	25 404,70	5	28 180,99
6	26 899,90	6	27 464,91
7	23 325,28	7	22 561,87
8	16 356,75	8	18 524,15

Detecção Nº 15

Secção	Contagem (cpm)
1	27 191,69
2	28 989,10
3	29 307,60
4	26 727,36
5	24 693,68
6	25 852,11
7	26 660,91
8	20 114,96

MÉDIA DAS CONTAGENS PARA CADA SECÇÃO DOS C.P.
SEM ÁGUA ACRESCIDA E SEM CONE

Detecção nº 16

Secção	Contagem (cpm)
1	21 929,80
2	21 603,24
3	23 240,48
4	21 795,67
5	23 185,27
6	21 127,66
7	21 715,22
8	23 642,10

Detecção nº 17

Secção	Contagem (cpm)
1	19 029,82
2	21 011,34
3	21 668,71
4	19 431,14
5	18 956,46
6	19 631,41
7	20 710,48
8	17 535,44

Detecção nº 18		Detecção nº 19	
Secção	Contagem (cpm)	Secção	Contagem (cpm)
1	22 342,07	1	23 818,18
2	22 201,82	2	24 210,54
3	21 238,50	3	24 581,49
4	20 214,71	4	25 118,50
5	21 477,46	5	25 620,48
6	22 080,84	6	24 146,96
7	23 737,20	7	24 903,68
8	20 458,11	8	22 873,86

Detecção nº 20

Secção	Contagem (cpm)
1	22 994,73
2	22 898,42
3	24 160,04
4	22 631,55
5	23 135,53
6	21 400,00
7	22 101,75
8	24 500,73

MÉDIA DAS CONTAGENS NA TÉCNICA
DA ÁGUA ACRESCIDA

Secção	Contagem (cpm)
1	5 126,02
2	18 489,53
3	19 989,32
4	18 415,98
5	22 087,11
6	18 937,25
7	15 662,29
8	10 342,39

MÉDIA DAS CONTAGENS DOS C.P.
COM ÁGUA ACRESCIDA E SEM CONE

Secção	Contagem (cpm)
1	7 175,01
2	28 107,64
3	32 340,00
4	30 781,71
5	30 698,63
6	30 657,81
7	28 819,35
8	28 907,01

MÉDIA DAS CONTAGENS DOS C.P.
SEM ÁGUA ACRESCIDA E COM CONE

Secção	Contagem (cpm)
1	25 029,74
2	26 212,36
3	27 495,58
4	25 418,50
5	25 015,67
6	26 678,21
7	23 607,88
8	18 501,80

MÉDIA DAS CONTAGENS DOS C.P.
SEM ÁGUA ACRESCIDA E SEM CONE

Secção	Contagem (cpm)
1	22 022,32
2	22 285,07
3	22 977,84
4	21 838,11
5	22 475,04
6	21 475,04
7	22 633,66
8	21 802,24

TABELA 1 - Níveis percentuais médios para cada secção transversal, nos quatro tipos de ensaios.

Secções	com água e com cone	com água e sem cone	sem água e com cone	sem água e sem cone
1	3,97	3,30	12,64	12,38
2	14,39	12,94	13,24	12,59
3	15,48	14,89	13,89	12,92
4	14,26	14,18	12,84	12,28
5	17,10	14,15	12,64	12,86
6	14,66	14,14	13,47	12,19
7	12,13	13,18	11,93	12,73
8	8,01	13,22	9,35	12,05
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

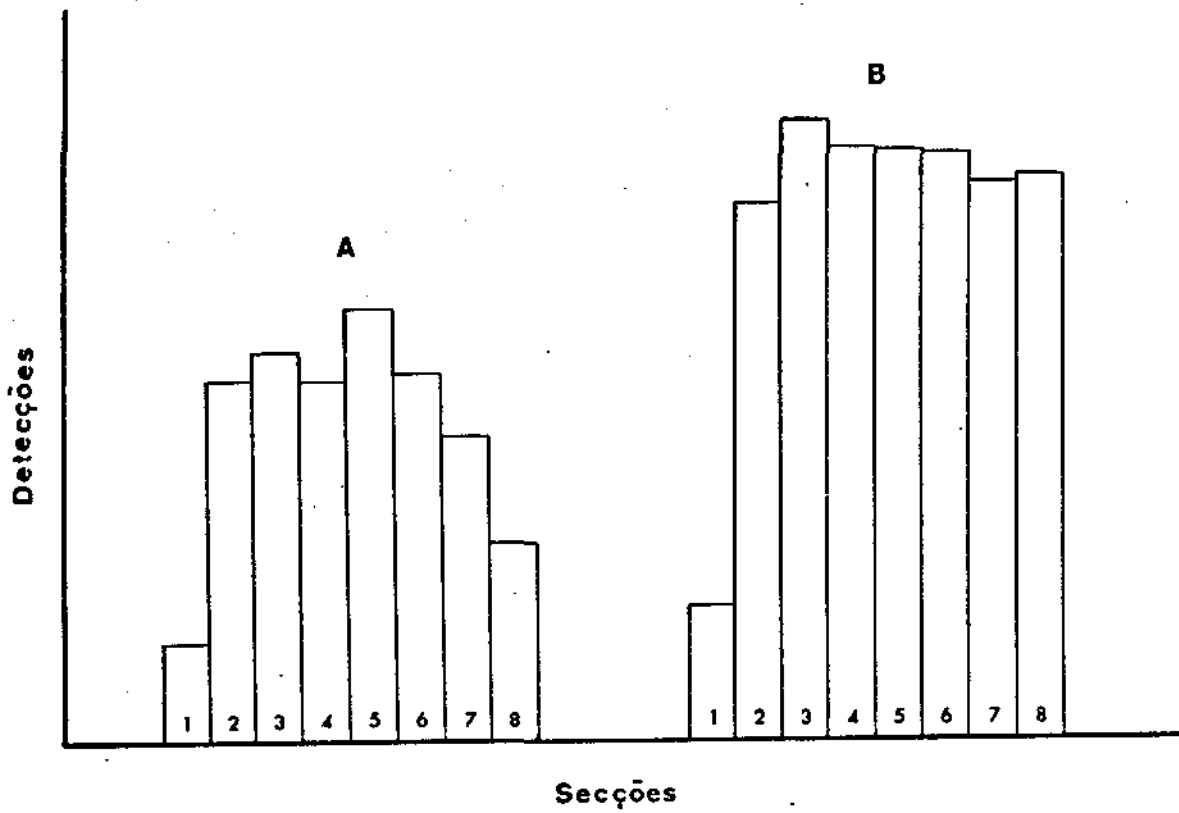


FIGURA 2 - Gráfico da média da contagem líquida para cada secção transversal, na técnica da água acrescida (A) e na variante com água e sem cone (B).

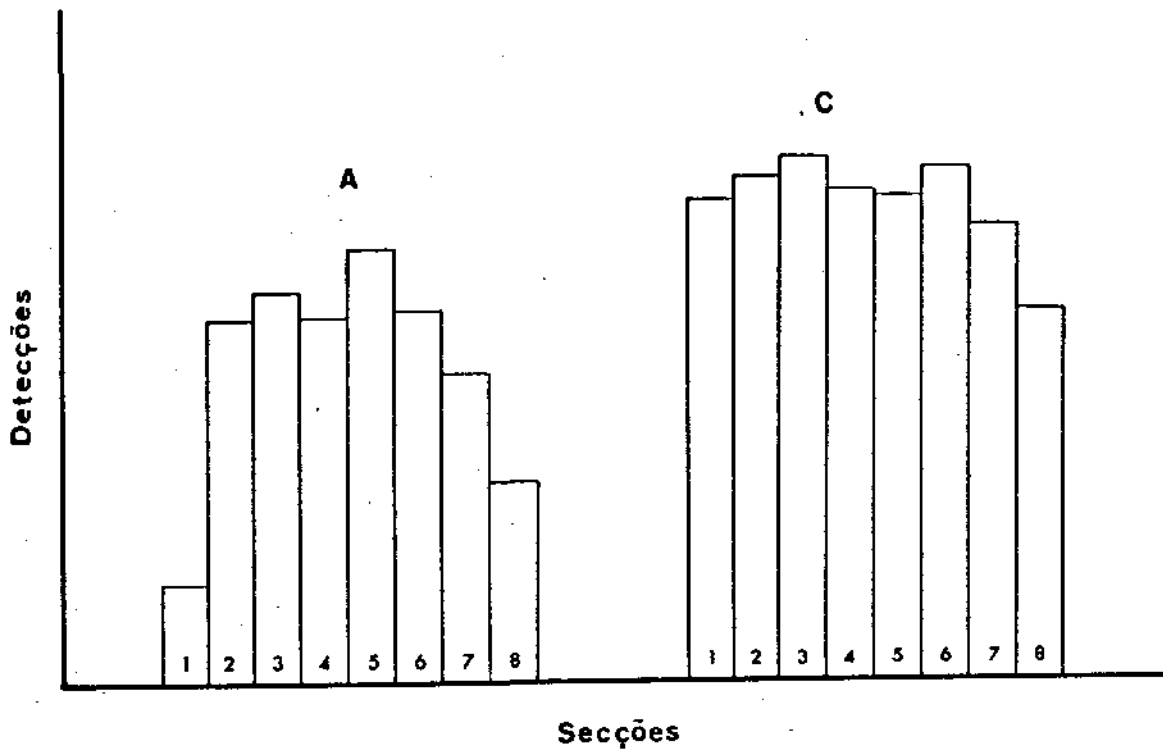


FIGURA 3 - Gráfico da média da contagem líquida para cada seção transversal, na técnica da água acrescida (A) e na variante sem água e com cone (C).

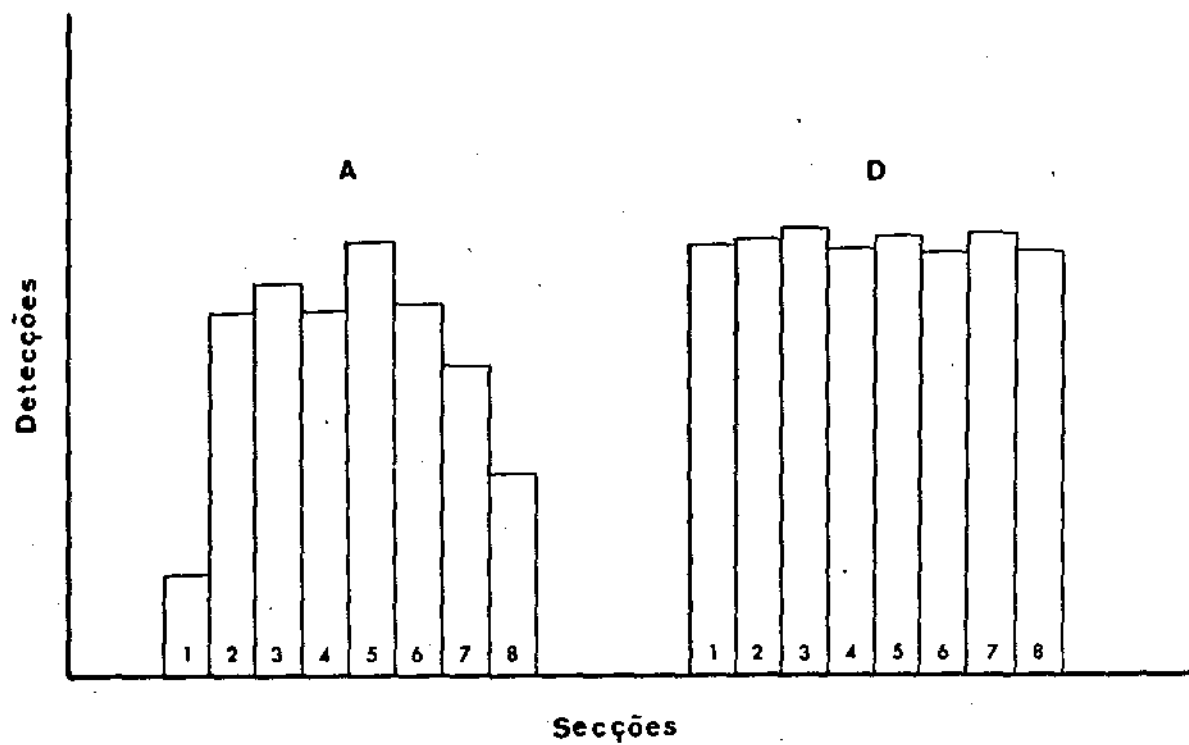


FIGURA 4 - Gráfico da média da contagem líquida para cada secção transversal, na técnica da água acrescida (A) e na variante sem água e sem cone (D).

CAPÍTULO VI

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Quando analisamos os dados obtidos, verificamos que existe uma influência marcante dos fatores "água acrescida" e "cone de borracha" na variação dos níveis de concentração de água, no interior da massa de revestimento, a saber:

Efeito da água acrescida

Verificamos que a água acrescida diminuiu a média de contagem da primeira camada, dando um resultado estatisticamente significativo quando comparado com as demais secções.

Este fenômeno decorreria, assim podemos julgar, da diminuição de concentração de trítio existente no interior da massa de revestimento. O decréscimo teria ocorrido nesse trecho, pelo deslocamento de parte da água tritiada, provocado pela água que está penetrando na massa, resultando, obviamente, no decréscimo de contagem dessa camada (Figs. 2, 3 e 4, pp. 48, 49 e 50).

Isto implicaria em acreditarmos, como o fazem LUSTER⁴⁰, ANSKE³ e BERGMAN & SÖREMARK⁷, que a água acrescida, ao se deslocar da porção superficial para o interior do revestimento, não atingiria as camadas mais profundas. Entretanto, a nosso ver, seria responsável pela movimentação efetiva da água existente na massa do revestimento.

Tal modificação da distribuição das moléculas de água tritiada estaria na dependência de um sistema de pressões exercidas pelo próprio volume de água adicionado, que se infiltraria por ação capilar^{36, 41, 62}, embebição^{8, 15, 26}, absorção⁶⁶ ou outro fenômeno qualquer.

Essa movimentação poderia ser responsável por uma maior concentração de água em determinadas regiões, como, por exemplo, na altura das primeiras camadas, fato este que poderá explicar uma maior expan-

são do revestimento nessa região. Isto viria a corroborar os experimentos de VIEIRA et alii⁷⁷, que encontraram uma expansão do modelo mais pronunciada no que diz respeito à distância mēσιο-distal em oclusal, quando o mesmo foi colocado a 17,8 mm distante da base formada do cadinho. Pelos nossos cálculos, a face oclusal desse modelo situou-se exatamente na altura correspondente à terceira camada do cilindro de revestimento do nosso experimento.

O fato de ocorrer uma maior concentração de água em determinadas regiões poderia ser também devido às condições físicas do revestimento, mais precisamente, ao seu processo de solidificação. Assim sendo, a tomada de presa resultaria no aprisionamento de água nos espaços intersticiais, dificultando ou mesmo impedindo-a de se deslocar para camadas mais profundas. A presa ocorreu 25 a 30 minutos após o início da mistura, tempo necessário para a infiltração do 1 ml de água acrescida e também para a ocorrência do máximo de expansão higroscópica, como sugerem os trabalhos de pesquisa de DOCKING¹⁸, DOCKING et alii²², HOLLENBACK³², PEYTON et alii⁵⁸, SUFFERT & FRAJNDLICH⁶⁹, RYGE & FAIRHURST⁶², MAHLER⁴², ASGAR et alii⁵, EARSHAW²⁵, VIEIRA et alii⁷⁷ e JONES & WILSON³⁵.

A observação de DOCKING et alii²² sugere que o processo de entumescimento da matriz de gel dos cristais de gesso será consideravelmente retardado quando o material endurece, até que a estrutura finalmente se torne tão rígida que a embebição de água, se ainda existe, seja insignificante. Para DEGNI¹⁵, o gel hidrófilo sofre embebição no período de presa que antecede a completa cristalização do gesso, o que também corrobora a nossa suposição.

Além disso, podemos reforçar essa suposição baseando-nos numa experiência clássica na literatura a respeito do fluxo de água em meios porosos, devida a DARCY^{13,14}. Esse autor examinou as propriedades do fluxo de água que passa através de uma amostra de areia, segundo um dispositivo experimental esquematizado na Figura 5.

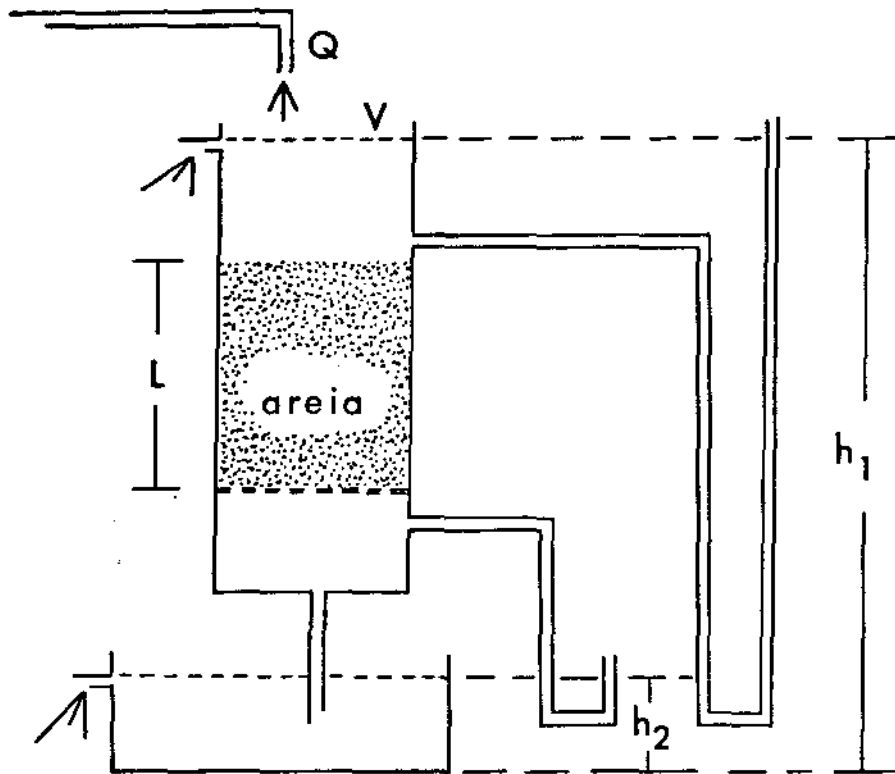


FIGURA 5 - Esquema do dispositivo experimental a respeito do fluxo de água em meios porosos, devido a Darcy.

Nesse experimento o autor fez variar o comprimento L da amostra de areia, as cargas de água h_1 e h_2 nos dois extremos da amostra e as dimensões do dispositivo em questão. Mediu a vazão, em cada caso, através da areia, e concluiu que a vazão constante Q de entrada é proporcional à relação

$$\frac{h_1 - h_2}{L}$$

Isto é, $Q \cong \frac{h_1 - h_2}{L}$

e que: $Q = K \frac{h_1 - h_2}{L} \cdot A = KiA$ (I)

onde:

K = coeficiente de permeabilidade.

A = área da seção transversal interna do dispositivo que contém a amostra.

L = comprimento da amostra.

h_1 = carga hidráulica total no topo da amostra.

h_2 = carga hidráulica total na base da amostra.

Q = vazão através do material poroso (areia, no caso).

i = gradiente hidráulico igual a $\frac{h_1 - h_2}{L}$

A equação (I) é conhecida como Lei de Darcy^{13, 14}. Estabelece, portanto, que a vazão através do material poroso é proporcional ao coeficiente de permeabilidade, ao gradiente hidráulico e a área

de secção por onde se escoia o fluido. Esta lei é válida para quase todos os tipos de percolação de fluidos em solos. Somente para percolação de gases a velocidades muito baixas ou muito altas para percolação de líquidos a altas velocidades, é que a lei perde a sua validade.

A velocidade de fluxo de água é a quantidade de água que escoia, na unidade de tempo, através da unidade de área total do meio poroso, e a velocidade de percolação de água é a quantidade de água que escoia, na unidade de tempo, através da área dos poros do meio poroso. Aliás, a porosidade e a permeabilidade do revestimento foram determinadas por TIDY⁷², quando fez passar um fluxo de ar através da amostra.

No caso de um tubo de secção A (Fig. 6) contendo um meio poroso, o cilindro de revestimento por exemplo, podemos considerar que:

$$v = \text{velocidade de fluxo} = \frac{Q}{A}$$

$$v_p = \text{velocidade de percolação} = \frac{Q}{A_p(z)}$$

Sendo $A_p(z)$ a área dos poros naquela secção distante (z) da base do tubo (o valor de A_p varia de secção para secção).

$$\text{Sendo a porosidade} = \frac{\text{volume de vazios}}{\text{volume total}} = n,$$

$$\text{demonstra-se que: } v_p = v/n$$

Por essa razão, o coeficiente de permeabilidade K é calculado a partir do que se chama de permeabilidade absoluta $k = K \rho/\mu$ onde:

k = coeficiente de permeabilidade; exprime a velocidade superficial (fluxo) de um fluido quando atravessa aquela estrutura, se o gradiente é unitário.

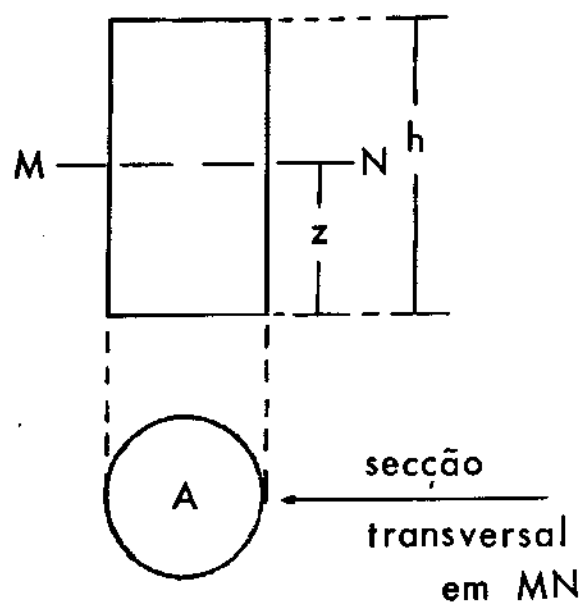


FIGURA 6 - Esquema de um tubo de secção A contendo um meio poroso.

K = permeabilidade absoluta; exprime a permeabilidade de uma dada "estrutura" (arranjo das partículas) de um meio poroso, para qualquer tipo de fluido.

ρ = densidade do fluido.

μ = viscosidade do fluido.

Por outro lado, o coeficiente de permeabilidade tende a diminuir com o diâmetro médio equivalente das partículas. Então, o que define nos meios porosos o valor do coeficiente de permeabilidade é a presença ou não de vazios na estrutura. Nos casos de areia, os vazios são os espaços entre grãos e se relaciona com o índice de vazios. O índice de vazios é uma grandeza física que exprime a relação entre o volume dos vazios e dos grãos.

Assim temos,

$$\text{porosidade } n = \frac{V_v}{V_v + V_p}$$

$$\text{índice de vazios } e = \frac{V_v}{V_p}$$

Efeito do cone de borracha

A presença do cone, aparentemente de pouco interesse no estudo da técnica da expansão higroscópica, teria, acreditamos que para a maioria dos autores, apenas função formadora do cadinho. Entretanto, um fato curioso se repetiu nos experimentos, ou seja, a diminuição da concentração de trítio nas camadas 7 e 8. Pela Figura I, p. 33, notamos que o cone de borracha ocupa precisamente a parte central das duas secções.

Para explicar este fenômeno, procuramos nos valer da equação

de LAPLACE^{38,39}, deduzida da equação de DARCY, que governa o movimento de um líquido através de um meio poroso.

Considerando um escoamento tridimensional (sentido dos eixos coordenados x, y, z), a equação será:

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0$$

onde:

ϕ é função de x, y , e carga (de pressão) h . O ϕ é também denominado potencial de velocidade.

A bibliografia a respeito nos ensina que, se a função de ϕ (xy) satisfaz a equação de LAPLACE (fluxo bi-dimensional, existe também outra função ψ (xy), conjugada harmônica de ϕ (xy), que também satisfaz a equação de LAPLACE, e que as curvas ϕ (xy) = constante e ψ (xy) = constante, se interceptam em ângulo reto (trajetórias ortogonais).

Sendo ψ (xy) conjugada harmônica de ϕ (xy), temos que:

$$\frac{\partial \psi}{\partial x} = - \frac{\partial \phi}{\partial y} = - V_y$$

$$\text{e, } \frac{\partial \psi}{\partial y} = \frac{\partial \phi}{\partial x} = V_x$$

Sendo V_x e V_y componentes da velocidade de fluxo nos sentidos x e y , respectivamente, dos eixos coordenados cartesianos.

A função ψ (xy) é chamada função fluxo e a função ϕ (xy) é de

nominada potencial de velocidade. As curvas $\phi(xy) = \text{constante}$, são denominadas linhas equipotenciais, enquanto que as curvas $\psi(xy) = \text{constante}$, são linhas de fluxo. Portanto, o conjunto de equipotenciais e de linhas de fluxo constitui a denominada rede de percolação num meio poroso.

Sendo a equação de LAPLACE a que governa o escoamento de água através de um meio poroso, vemos que a rede de fluxo ou rede de percolação (conjunto das curvas $\phi(xy) = \text{constante}$ e $\psi(xy) = \text{constante}$), nada mais é que a solução dessa equação obtida em laboratório ou graficamente. Traçada a rede de fluxo, será possível determinar em cada ponto da região de escoamento o valor de $\phi(xy)$ e $\psi(xy)$ e, conseqüentemente, determinar o valor da carga total (hidráulica). Em resumo, as equipotenciais representam o lugar geométrico dos pontos de mesma carga total. As linhas de fluxo representam as trajetórias das partículas líquidas durante o escoamento.

A fim de emprestarmos tais ensinamentos aos propósitos de nosso trabalho, procuraremos demonstrar que uma superfície impermeável em contacto com o meio poroso define uma superfície ou conjunto de linhas de fluxo.

Consideraremos uma superfície impermeável AB (Figura 7) funcionando de maneira análoga a qualquer uma das superfícies como CD, DE e EF de um sólido incluso no meio poroso. Tomemos um ponto O qualquer da superfície AB. Sejam x e y um sistema de eixos com origem O, sendo x tangente à superfície AB e y normal à mesma.

Como AB é uma superfície impermeável, havendo um escoamento de água no meio poroso, dado pela diferença de cargas ($h_1 - h_2$) indicados no esquema, qualquer componente de velocidade de escoamento V_y (normal a AB) será nula, $V_y = 0$. A componente de velocidade na direção x, portanto, V_x coincidirá com a velocidade de escoamento da água no meio poroso, e é tangente a AB. Assim sendo, AB é uma linha de fluxo.

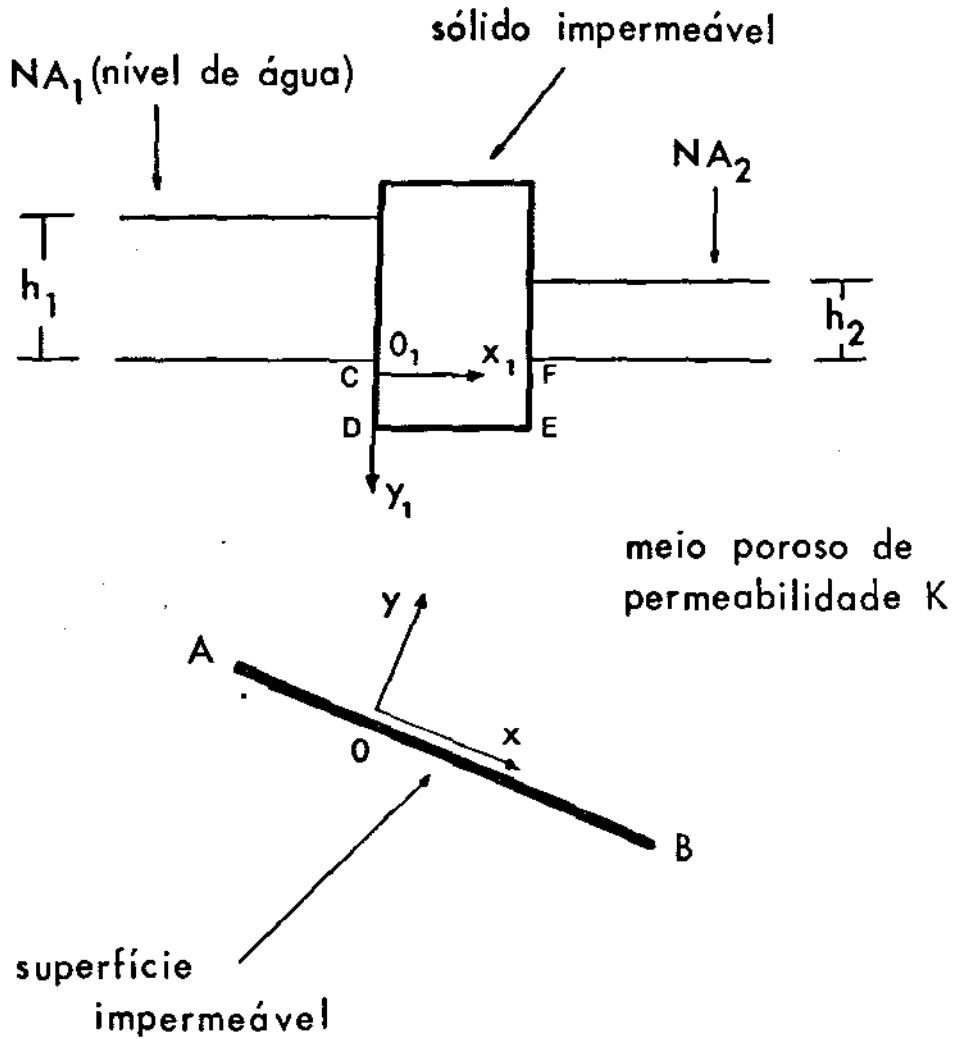


FIGURA 7 - Esquema considerando as superfícies impermeáveis em contacto com o meio poroso.

Para as faces CD e FE do sólido: do ponto O_1 , temos as coordenadas x_1 e y_1 ; idêntico raciocínio nos permite escrever que $V_{x_1} = 0$ e $V_{y_1} = V$. Para a face DE, teremos duas componentes efetivas V_x e V_y , que deverão compor o vetor de velocidade V ; por se tratar de água de percolação ou gravitacional (movimento descendente ou verticalmente pronunciado) V_y será maior que V_x .

Assim sendo, obteríamos o aspecto, mostrado na Figura 8, da rede de fluxos (equipotenciais perpendiculares às linhas de fluxo)⁷³, indicando-nos que parte da água existente nas camadas 7 e 8 (Fig. 1, p. 33) se dirigiu para o interior do revestimento graças a V_y , localizando-se, portanto, próxima do modelo de cera, precisamente na quinta secção onde verificamos maior nível de concentração de água tritiada (Tabela 1, p.47).

Esta situação foi observada por DOCKING et alii²¹, porém, naquela época, os autores se referiam a esse fenômeno como sendo decorrente da ação gravitacional que forçaria a mistura semi-fluida a permanecer ao redor do modelo de cera, impedindo que qualquer força eventual de expansão viesse a arrastar o revestimento para longe do modelo.

Nossa suposição da possível movimentação de água por meio de rede de fluxo vem discordar, até certo ponto, da hipótese apresentada por FUSAYAMA²⁶, a qual sugeriria que a água sofre uma penetração passiva por embebição, devida ao aumento dos espaços das grades cristalinas, ao invés de uma penetração ativa pela adesão molecular da água.

A maior concentração de água ocorreu, como já vimos, na altura da quinta secção, o que confirma os experimentos de PALMER et alii⁵⁵ e MAHLER & ADY⁴⁵, que verificaram que a expansão aumenta quando o modelo é colocado perto da base formadora do cadinho, assim como de MUNFORD & PHILLIPS⁵⁰, que aliás já haviam feito experiências com a movimentação do modelo para o lado da parede do anel, concluindo, nesse estudo, que aí também ocorria maior expansão. Essas duas regiões, apresentam, a nosso ver, maior intensidade de afluxo de água.

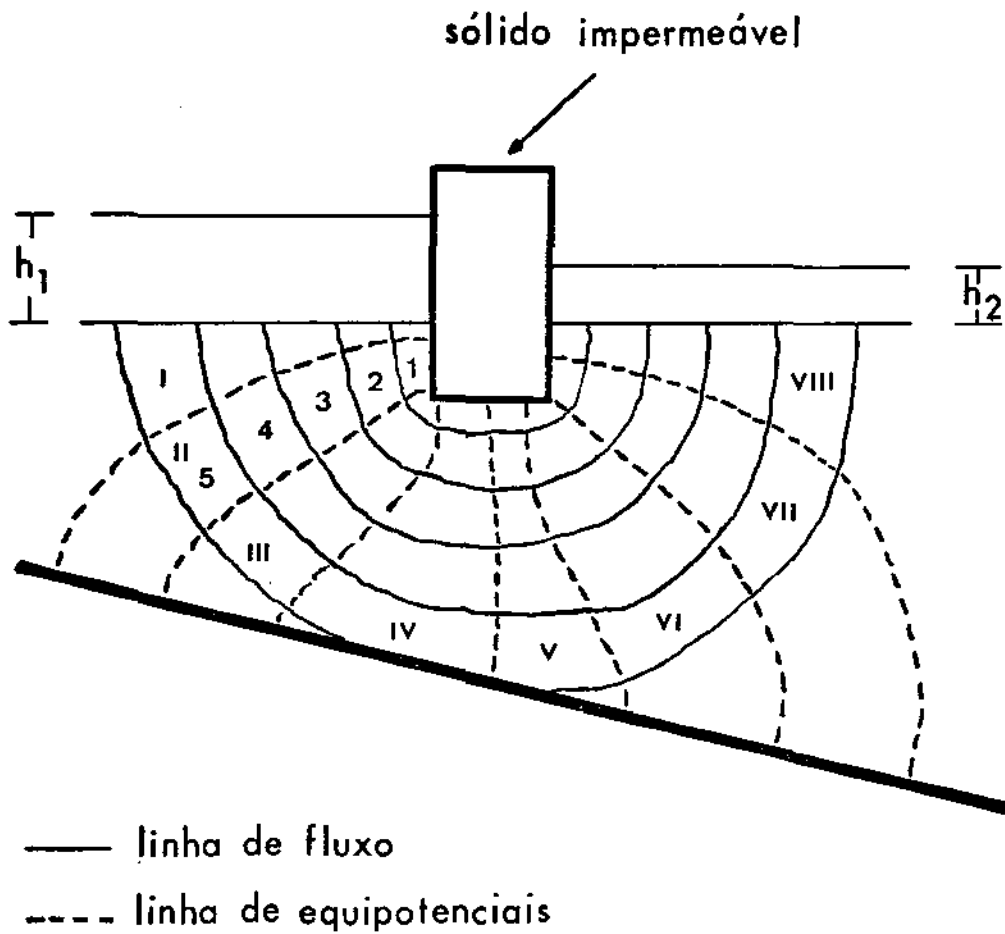


FIGURA 8 - Esquema da rede de fluxos indicativo da movimentação de água.

Esta movimentação de água por meio de rede de fluxo talvez seja aquilo a que ASGAR et alii⁵ se referem ao dizer que: "a afluência de água é meramente devida a um sistema contínuo de transferência no qual a água flui da superfície externa ao ponto onde ela é necessária no interior". Contudo, esses autores não falam explicitamente em rede de fluxo como responsável pelo fenômeno.

Essa distribuição de água parece explicar e confirmar os experimentos de VIEIRA et alii⁷⁷. Esses autores encontraram uma expansão mais livre na altura das faces gengivais das porções proximais do modelo inferior, o que corresponde a uma zona rica em água. Os nossos estudos mostram a possibilidade de existirem redes de fluxo orientadas para a área onde se localizou a face gengival das porções proximais do modelo estudado por esses pesquisadores.

Agora, cumpre verificar as diferentes concentrações de água tritiada nas secções dos corpos de prova cujas técnicas sofreram a introdução de variáveis.

Com água acrescida e sem cone

Verificamos pelas Figuras 2, 3, e 4 (pp. 48, 49 e 50) e Tabela I (p. 47), que, até a terceira camada, o mesmo fenômeno que ocorreu na técnica convencional se repetiu na variante com água acrescida e sem cone de borracha. Agora, entretanto, a partir da quarta secção, os níveis percentuais permaneceram praticamente os mesmos, não se repetindo a ocorrência do aumento na quinta camada.

Esta situação estabeleceu uma rede de fluxo de configuração diversa daquela normalmente existente entre a superfície do cone e o modelo de cera. Poderia mesmo ser nula essa rede — inexistência de sub-pressão que seria produzida ao longo do plano inclinado da superfície do cone. Em ambos os casos, ocorreria relativa incapacidade de concentrar água ao redor do modelo de cera.

Com efeito, a concentração de trítio nas camadas de 4 a 8 mal alcançou diferença significativa do ponto de vista estatístico.

Sem água acrescida e com cone

Com a ausência da água acrescida houve uma distribuição de trítio nas camadas de 1 a 7, cujas diferenças de concentrações não chegam a ser estatisticamente significativas. Por outro lado, a presença do cone determinou o mesmo fenômeno da diminuição de concentração de água tritiada na última secção do corpo de prova, cuja possível causa tivemos oportunidade de discutir anteriormente. Aliás, essa tendência para decréscimo já se vislumbra desde a sétima secção, embora, o instrumento estatístico ainda não a ressalte.

Sem água acrescida e sem cone

Este experimento comprova a influência marcante da água e/ou cone de borracha na formação dos níveis de concentração de água no interior do corpo de prova de revestimento.

Estatisticamente, todas as secções apresentaram a mesma concentração de trítio, demonstrando que a distribuição de água no interior da massa de revestimento é uniforme, após a espatulação, e assim permanece, desde que não há interferência de fatores externos, como água adicionada na porção superior, ou cone confinado na parte inferior do cilindro de revestimento.

Isto significaria que, nestas condições, a movimentação da água na massa é muito lenta, praticamente nula, devendo assim permanecer até a tomada de presa do revestimento. Por analogia, essa situação deverá ocasionar, praticamente, um mesmo valor de expansão em todas as direções do cilindro.

Talvez por essa mesma razão é que MARQUEZINI⁴⁸ concluiu que o local da adição de água não exerce influência sobre a expansão. O seu

estudo mostra que não existe diferença significativa entre a expansão higroscópica de presa que ocorreu na parte superior do cilindro de revestimento e aquela verificada na parte inferior do mesmo. Esses dados foram obtidos com um anel especialmente confeccionado, no qual a variação de técnica não permitiu a presença do cone nem a adição da água, de maneira convencional.

Apesar disso, esse autor concorda com as afirmações de ASGAR de que a água penetra progressivamente no revestimento, de tal forma que ela ocupa o lugar da outra, que passa a ocupar uma camada imediatamente inferior, até que em todos os níveis do bloco de revestimento, exista uma mesma "concentração" de água.

O nosso estudo parece mostrar que a distribuição referida por MARQUEZINI⁴⁸ é devida à ausência da rede de fluxo estabelecida entre o cone e o bloco de cera.

CAPÍTULO VII
CONCLUSÕES

7. CONCLUSÕES

Pelo que pudemos depreender de nosso trabalho, exposto e discutido no decorrer desta tese, julgamos válido emitir as conclusões que se seguem:

1. a água tritiada distribuiu-se diferentemente nas diversas secções da massa de revestimento, quando empregamos a técnica da água acrescida;

2. o regime de distribuição de água tritiada no interior da massa de revestimento sofreu influência significativa da água adicionada e do cone de borracha formador do cadinho, a saber:

2.1. a água acrescida e a ausência do cone de borracha determinaram um aumento do nível de concentração de água tritiada na altura da terceira secção, permanecendo sem diferenças estatisticamente significativas as concentrações das secções 4, 5, 6, 7 e 8;

2.2. a ausência da água acrescida e a presença do cone de borracha proporcionaram concentrações de água tritiada sem diferenças estatisticamente significativas entre as secções 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, determinando, entretanto, uma diminuição na secção 8;

2.3. as ausências da água acrescida e do cone de borracha determinaram, estatisticamente, o mesmo nível de concentração de água tritiada em todas as secções.

CAPÍTULO III
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

1. ADY, A.B. and MAHLER, D.B. - Effective setting expansion of investment in casting rings. J. dent. Res., Chicago, 39(4):760, jul./aug., 1960 (abstract).
2. AMERICAN DENTAL ASSOCIATION - Specification no. 2 for casting investment for dental gold alloy. Apud Guide to Dental Materials and Devices, 6th. ed., Chicago, 1972-73, pp. 171-175.
3. ANSKE, U. - Apud BEECK, von K.H. - Prüfungsergebnisse zahnärztlicher gussverfahren unde ihre praktische auswertung. Dtsch. Zahnärztl. Z., Munchen, 13 (8): 470-480, 1958.
4. ASGAR, K., MAHLER, D.B. and PEYTON, F.A. - Hygroscopic technique for inlay casting using controlled water additions. J.prosth. Dent., St. Louis, 5 (5): 711-724, sep., 1955.
5. ASGAR, K., LAWRENCE, W.N. and PEYTON, F.A. - Further investigagions into the nature of hygroscopic expansion of dental casting investments. J. prosth. Dent., St. Louis, 8 (4): 673-684, jul., 1958.
6. ASGARZADEH, K., MAHLER, D.B. and PEYTON, F.A. - The behavior and measurement of hygroscopic expansion of dental casting investment. J. dent. Res., Chicago, 33 (4): 519-530, aug., 1954.
7. BERGMAN, B. and SÖREMARK, R. - Studies on the penetration of added water in hygroscopic setting expansion technique. Acta odont. Scand., Stockhølm, 19 (2): 167-178, 1961.
8. BLENGIO, J.J. - Evaluación de la precisión de los colados de oro. An. Fac. Odont., Montevideo, 13: 9-18, oct., 1969.
9. BRAY, A.G. - A simple eficiente liquid scintillator for counting aqueos solutions in a liquid scintillation counter. Anal.Biochem., New York, 1 (4-5): 279-285, dec., 1960.

* Segundo PNB-66, da A.B.N.T.

10. CECCONI, B.T. and ASGAR, K. - Modified hygroscopic gold casting technique. J. prosth. Dent., St. Louis, 33 (2): 216-220, feb., 1975.
11. COY, H.D. - A review of inlay casting technics. J. Ame. dent. Ass., Chicago, 21 (12): 2177-2185, dec., 1934.
12. COY, H.D. and HALL, S.G. - Hygroscopic investment expansion for small castings. D. Clin. N. America, Philadelphia, 2: 625-636, 1958.
13. DARCY, H. - Apud TERZACHI, K. and PECK, R.B. - Mecânica dos solos na prática de Engenharia, Trad. bras., Ed. Ao Livro Técnico S/A, Rio de Janeiro, 1962, cap. 2, pp. 48-65.
14. DARCY, H. - Apud TODD, D.K. - Ground water hydrology. John Wiley & Sons, Inc. Publishers, USA, 1960, chap. 3, pp. 44-77.
15. DEGNI, F. - Estudo da expansão higroscópica dos revestimentos dentários. Anais Fac. Farm. Odont. Univ. São Paulo, São Paulo, 7: 433-456, 1948-49.
16. DELGADO, V.P. - Estudo dos métodos de mensuração da expansão higroscópica de presa dos revestimentos dentários. Anais Fac. Farm. Odont. São Paulo, São Paulo, 11: 261-291, 1953.
17. DELGADO, V.P. and PEYTON, F.A. - The hygroscopic setting expansion of a dental casting investment. J. prosth. Dent., St. Louis, 3 (3): 423-433, may, 1953.
18. DOCKING, A.R. - The hygroscopic setting expansion of dental casting investments. Part I. Austr. J. Dent., Melbourne, 52: 6-11, jan., 1948.
19. DOCKING, A.R. - The relationship of hygroscopic to normal setting expansion of casting investments. J. dent. Res., Chicago, 36 (6): 974-976, dec., 1957.

20. DOCKING, A.R. and CHONG, M.P. - The hygroscopic setting expansion of dental casting investments. Part IV. Austr. J. Dent., Melbourne, 53: 261-271, sep., 1949.
21. DOCKING, A.R., CHONG, M.P. and DONNISON, J.A. - The hygroscopic setting expansion of dental casting investments. Part II. Austr. J. Dent., Melbourne, 52: 160-166, may, 1948.
22. DOCKING, A.R., DONNISON, J.A. and CHONG, M.P. - The hygroscopic setting expansion of dental casting investments. Part III. Austr. J. Dent., Melbourne, 52: 320-329, sep., 1948.
23. DONNISON, J.A., CHONG, M.P. and DOCKING, A.R. - The effect of surface area on the hygroscopic setting expansion and strength of casting investments. J. dent. Res., Chicago, 36 (6): 967-973, dec., 1957.
24. DONNISON, J.A., CHONG, M.P. and DOCKING, A.R. - A calorimetric study of the hygroscopic setting of calcined gypsum. Austr. dent. J., Sydney, 5: 269-272, oct., 1960.
25. EARNSHAW, R. - The effect of restrictive stress on the setting expansion of gypsum bonded investments. Austr. dent. J., Sydney, 9 (3): 169-176, jun., 1964.
26. FUSAYAMA, T. - Proposition of a theory on the mechanism of the hygroscopic expansion of gypsum products. Bull. Tokyo Medical and Dental Univ., Tokyo, 4 (2): 225-229, 1957.
27. FUSAYAMA, T., HOSADA, H. and KHER, V.M. - Influence of clinical variables on a cristobalite investment. J. prosth. Dent., St. Louis, 11 (1): 152-168, jan./feb., 1961.
28. GUSTAFSSON, C.G. and HEDEGARD, B. - Investing and casting technique. Acta odont. Scand., Stockholm, 12: 233-250, feb., 1955.
29. HANSON, H.E. and SCHOLTEN, J. - Gold castings. Dental Cosmos, Philadelphia, 75: 965-975, oct., 1933.
30. HERRICK, P.W. and alii - Investigation on hygroscopic (control water added) for casting multiunit bridges. J. dent. Res., Chicago, 40 (4): 744, jul./aug., 1961 (abstract).

31. HOLLENBACK, G.M. - Precision gold inlays made by a simple technic. J. Ame. dent. Ass., Chicago, 30 (1): 99-109, jan., 1943.
32. HOLLENBACK, G.M. - Simple tecnic for accurate castings: New and original method of vacuum investing. J. Ame. dent. Ass., Chicago, 36 (4-5): 391-397, apr./may, 1948.
33. HOLLENBACK, G.M. - The cast gold inlay. Int. dent. J., The Hague, 1 (3): 67-84, mar., 1951.
34. HOLST, K. - Unintended hygroscopic expansion of dental stone and investment. Acta odont. Scand., Stockhølm, 20: 197-203, aug., 1962.
35. JONES, D.W. and WILSON, H.J. - Setting and hygroscopic expansion of investments. Brit. dent. J., London, 129 (7): 22-26, jul., 1970.
36. JØRGENSEN, K.D. - The hygroscopic setting expansion of gypsum. Acta odont. Scand., Stockhølm, 18: 461-477, dec., 1960.
37. LANDGREN, N. and PEYTON, F.A. - Hygroscopic expansion of some casting investments. J. dent. Res., Chicago, 29 (4): 469-481, aug., 1950.
38. LAPLACE - Apud TERZACHI, K. and PECK, R.B. - Mecânica dos solos na prática de Engenharia, Trad. bras., Ed. Ao Livro Técnico, Rio de Janeiro, 1962, cap. 6, pp. 252-265.
39. LAPLACE - Apud TODD, D.K. - Ground water hydrology. John Wiley & Sons, Inc. Publishers, USA, chap. 3-4, pp. 44-114.
40. LUSTER, E.A. - Nature of hygroscopic expansion in gypsum materials. University of Minnesota, School of Dentistry. Mimeo graphed paper, 1957.
41. LYON, H.W., DICKSON, G. and SCHOONOVER, I.C. - The Mechanism of hygroscopic expansion in dental casting investments. J. dent. Res., Chicago, 34 (1): 44-50, feb., 1955.

42. MAHLER, D.B. - The water added technic for dental gold casting. Oregon State Dental J., Portland, 27: 2-6, oct., 1957.
43. MAHLER, D.B. - Demonstration of an apparatus to support a theory for hygroscopic expansion of dental gypsum materials. J. dent. Res., Chicago, 38 (3): 635, may/jun., 1959 (abstract).
44. MAHLER, D.B. and ADY, A.B. - An explication for the hygroscopic setting expansion of dental gypsum products. J. dent. Res., Chicago, 39 (3): 578-589, may/jun., 1960.
45. MAHLER, D.B. and ADY, A.B. - The influence of various factors on the effective setting expansion of casting investments. J. prosth. Dent., St. Louis, 13 (2): 365-373, mar./apr., 1963.
46. MAHLER, D.B. and ADY, A.B. - The effect of the water bath in hygroscopic casting techniques. J. prosth. Dent., St. Louis, 15 (6): 1115-1121, nov./dec., 1965.
47. MAHLER, D.B. and ASGARZADEH, K. - The volumetric contraction of dental gypsum materials on setting. J. dent. Res., Chicago, 32 (3): 354-361, jun., 1953.
48. MARQUEZINI, A.D. - Estudo das alterações dimensionais no sentido mésio-distal de modelos de cera MOD, durante a expansão higroscópica de presa do revestimento dental. Faculdade de Odontologia de Baurú, SP, 1972, pp. 43-64 [Tese de doutoramento].
49. MUNFORD, G. - Space formation around wax pattern during the normal setting and hygroscopic expansion of investments. J. dent. Res., Chicago, 40 (4): 764-765, jul./aug., 1961. (abstract).
50. MUNFORD, G. and PHILLIPS, R.W. - Dimensional change in wax patterns during setting of gypsum investments. J. dent. Res., Chicago, 37 (2): 351-358, apr., 1958.

51. NASCIMENTO FILHO, V.F. - Informação pessoal, 1973.
52. NUCLEAR CHICAGO CORPORATION - Liquid scintillation systems 724 and 725. Des Plainnes, Illinois, 1965, pp. 83-86.
53. NUCLEAR CHICAGO CORPORATION - Preparation of samples for liquid scintillation counting. Des Plainnes, Illinois, 1967, sections 110, systems 101-107.
54. NUCLEAR CHICAGO CORPORATION - Op. cit., section 140, system 103.
55. PALMER, D.W., ROYDHOUSE, R.H. and SKINNER, E.W. - Arbestos liner and casting accuracy. Dental Progress, Chicago, 1 (3): 156-163, apr., 1961.
56. PELKA, F.X. - Instructions for investing and casting inlays by the Hollanback method. Illinois dent. J., Chicago, 16 (10): 405-407, oct., 1947.
57. PESSOA, E. - Revestimentos odontológicos (Contribuição ao estudo de suas propriedades físicas). Faculdade de Odontologia de Porto Alegre, RS, 1949, p. 96 [Tese de Livre Docente].
58. PEYTON, F.A., MAHLER, D.B. and ASGAR, K. - Controlled water-addition technic for hygroscopic expansion of dental casting investment. J. Ame. dent. Ass., Chicago, 52: 155-161, feb., 1956.
59. PIGNATARO, J.C. - Contribuição ao estudo de revestimentos (Influência das condições higroscópicas na expansão térmica de revestimentos). Faculdade de Odontologia de Santa Maria, RS, 1965, pp. 25-26 [Tese de Livre Docente].
60. ROSAT, A. - Fundições por um método controlado de acréscimo de água, utilizando a expansão higroscópica. Seleções Odont., São Paulo, 10 (56): 9-29, set./out., 1955.
61. RUHNKE, L.A. - Contribuição ao estudo das ligas de ouro. (Verificação da dureza sob influência dos tratamentos térmicos). Faculdade de Odontologia de Piracicaba, SP, 1964, p. 35 [Tese de Livre Docente].

62. RYGE, G. and FAIRHURST, C.W. - Hygroscopic expansion. J. dent. Res., Chicago, 35 (4): 499-508, aug., 1956.
63. SCHEU, C.H. - A new precision casting technic. J. Ame.dent. Ass., Chicago, 19 (4): 630-633, apr., 1932.
64. SCHEU, C.H. - Precision casting utilizing the hygroscopic action of plaster in investment in making expanded molds. J. Ame. dent. Ass., Chicago, 20: 1205-1215, jul, 1933.
65. SCHEU, C.H. - Controlled hygroscopic expansion of investment to compensate for shrinkage in inlay casting. J. Ame. dent.Ass., Chicago, 22: 452-455, mar., 1935.
66. SHELL, J.S. - The effect of longitudinal restrictive force on hygroscopic expansion. J. dent. Res., St. Louis, 40 (2): 287-293, mar./apr., 1961.
67. SKINNER, E.W. and DEGNI, F. - Hygroscopic expansion of dental investments. J. Ame. dent. Ass., Chicago, 54: 603-608, may, 1957.
68. SUFFERT, L.W. - Influência da tira de amianto na expansão de endu recimento dos revestimentos. Rev. Ass. Paul. Cirur. Dent., São Paulo, 4 (4): 19-25, mar./abr., 1951.
69. SUFFERT, L.W. e FRANJDILICH, M. - Restrições a expansão higroscōpica e expansão de presa de um revestimento ocasionadas por diferentes tipos de anéis para fundições. Rev. Gaúcha de Odont., Porto Alegre, 4 (2): 3-18, 1956.
70. TAGGART, W.H. - A new and accurate method of making gold inlays. Dental Cosmos, Philadelphia, 49 (11): 1120-1121, nov., 1907.
71. TAYLOR, N.O., PAFFENBARGER, G.C. and SWEENEY, W.T. - Dental inlay casting investments: Physical properties and a specification. J. Ame. dent. Ass., Chicago, 17: 2266-2286, dec., 1930.
72. TIDY, D.C. - The permeability of dental casting investments. J. dentistry, Bristol, 2 (6): 227-233, nov., 1974.

73. TODD, D.K. - Ground water hydrology. John Wiley & Sons, Inc. Publishers, USA, chap. 3-4, pp. 44-114.
74. VAN HORN, C.S. - Compensation casting thecnics: Materials, appliances and data 1910-1932. J. Ame. dent. Ass., Chicago, 20: 219-226, feb., 1933.
75. VIEIRA, D.F., SAITO, T. e MARCHI, A. - Expansão de presa de revestimento para fundições, na região correspondente à cavidade ocupada pelo modelo de cera: Deformação resultante. Rev. Fac. Odont. Univ. S. Paulo, São Paulo, 4 (2): 227-235, jul./dez., 1966.
76. VIEIRA, D.F., SANTOS, J.F.F. e MARCHI, A. - Expansão de presa verificada com revestimentos para fundições, na região correspondente à cavidade ocupada pelo modelo de cera, em função de anéis de dimensões diversas e não forrados com tira de amianto. Rev. Fac. Odont. Univ. S. Paulo, São Paulo, 5 (1): 19-26, jan./mar., 1967.
77. VIEIRA, D.F., SANTOS, J.F.F. e MARCHI, A. - Magnitude de expansão higroscópica do revestimento nas porções superior e inferior do anel para fundições. Rev. Fac. Odont. Univ. S. Paulo, São Paulo, 5 (1): 27-35, jan./mar., 1967.

CAPITULO IX
A P E N D I C E

9.1. Relação das detecções

DETECÇÃO Nº 01 - TECNICA DA ÁGUA ACRESCIDA

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	7 839,76	55,75	0,71
02	8 304,33	58,98	0,71
03	8 704,62	61,81	0,71
04	9 106,92	64,62	0,70
05	7 716,18	54,89	0,71
06	27 264,51	193,74	0,70
07	30 171,78	214,29	0,70
08	28 440,17	202,04	0,70
09	28 443,17	202,04	0,70
10	29 288,26	207,98	0,70
11	24 068,13	170,40	0,70
12	23 222,81	164,46	0,70
13	22 693,27	160,73	0,70
14	24 663,60	174,61	0,70
15	23 501,16	166,39	0,70
16	24 065,38	170,40	0,70
17	26 638,91	188,58	0,70
18	23 499,16	166,40	0,70
19	24 663,85	174,61	0,70
20	22 963,25	162,57	0,70
21	31 218,00	220,98	0,70
22	30 736,98	217,58	0,70
23	30 742,73	217,58	0,70
24	33 306,33	235,71	0,70
25	29 820,99	211,09	0,70
26	29 380,01	207,99	0,70
27	29 825,99	211,09	0,70
28	29 386,26	207,98	0,70
29	30 270,03	214,29	0,70
30	31 220,50	220,98	0,70
31	19 578,34	138,67	0,70
32	26 638,16	188,58	0,70
33	20 174,02	142,87	0,70
34	20 805,08	147,33	0,70
35	20 176,77	142,87	0,70
36	7 083,68	50,41	0,71
37	5 304,83	37,80	0,71
38	4 601,00	34,15	0,74
39	8 166,72	58,02	0,71
40	7 660,55	54,46	0,71

DETECÇÃO Nº 02 - TÉCNICA DA ÁGUA ACRESCIDA

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	3 746,00	30,86	0,82
02	3 908,75	31,46	0,80
03	3 667,50	30,54	0,83
04	3 672,00	30,53	0,83
05	3 747,25	30,84	0,82
06	12 957,26	91,87	0,70
07	14 358,73	101,77	0,70
08	13 299,33	94,32	0,70
09	12 955,76	91,87	0,70
10	12 791,76	90,69	0,70
11	17 360,30	123,00	0,70
12	18 150,81	128,59	0,70
13	17 518,10	124,07	0,70
14	17 989,01	127,43	0,70
15	17 829,39	126,29	0,70
16	15 351,11	108,82	0,70
17	14 052,75	99,63	0,70
18	15 967,50	113,17	0,70
19	17 513,85	124,08	0,70
20	14 780,56	104,79	0,70
21	20 377,91	144,33	0,70
22	16 495,17	116,91	0,70
23	22 193,47	157,15	0,70
24	19 197,26	136,01	0,70
25	20 167,27	142,88	0,70
26	14 672,63	104,02	0,70
27	15 123,76	107,16	0,70
28	15 238,92	107,98	0,70
29	15 600,25	110,51	0,70
30	15 005,84	106,36	0,70
31	13 039,64	92,47	0,70
32	11 804,06	83,72	0,70
33	13 211,28	93,70	0,70
34	11 595,90	82,27	0,70
35	11 663,90	82,75	0,70
36	11 658,40	82,75	0,70
37	10 839,81	76,90	0,70
38	10 388,41	73,70	0,70
39	11 016,47	78,18	0,70
40	11 011,22	78,19	0,70

DETECÇÃO Nº 03 - TÉCNICA DA ÁGUA ACRESCIDA

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	3 699,25	30,62	0,82
02	3 684,50	30,62	0,83
03	3 954,25	31,69	0,80
04	3 587,25	30,20	0,84
05	3 633,00	30,39	0,83
06	12 785,51	90,70	0,70
07	12 955,76	91,87	0,70
08	13 941,51	98,95	0,70
09	12 709,35	90,11	0,70
10	13 298,58	94,32	0,70
11	17 211,12	121,94	0,70
12	17 669,11	125,18	0,70
13	17 367,30	123,00	0,70
14	18 147,81	128,59	0,70
15	18 486,26	130,97	0,70
16	15 967,00	113,17	0,70
17	14 669,38	104,03	0,70
18	15 831,01	112,28	0,70
19	17 969,26	127,45	0,70
20	14 236,96	101,07	0,70
21	22 690,27	160,73	0,70
22	20 172,27	142,87	0,70
23	20 381,66	144,33	0,70
24	19 580,09	138,67	0,70
25	18 134,81	128,61	0,70
26	15 124,26	107,16	0,70
27	15 005,34	106,36	0,70
28	15 356,36	108,81	0,70
29	15 354,61	108,82	0,70
30	14 564,54	103,26	0,70
31	13 213,53	93,69	0,70
32	11 660,90	82,75	0,70
33	13 124,14	93,08	0,70
34	11 463,00	81,32	0,70
35	11 594,90	82,27	0,70
36	10 239,02	73,01	0,71
37	10 553,51	74,87	0,70
38	10 882,46	77,35	0,71
39	11 465,25	81,32	0,70
40	10 495,18	76,28	0,72

DETECÇÃO Nº 04 - TÉCNICA DA ÁGUA ACRESCIDA

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	4 851,50	35,04	0,72
02	4 602,75	34,12	0,74
03	3 958,75	31,71	0,80
04	4 413,25	33,44	0,75
05	3 955,50	31,72	0,80
06	19 007,86	134,72	0,70
07	16 500,17	116,90	0,70
08	17 967,51	127,45	0,70
09	16 774,72	118,87	0,70
10	19 011,36	134,72	0,70
11	21 939,02	155,43	0,70
12	19 012,61	134,71	0,70
13	19 774,23	140,04	0,70
14	19 387,47	137,32	0,70
15	18 486,76	130,97	0,70
16	18 628,83	132,22	0,70
17	19 364,97	137,35	0,70
18	19 762,23	140,05	0,70
19	19 569,84	138,68	0,70
20	21 234,09	150,48	0,70
21	18 653,08	132,20	0,70
22	19 575,59	138,67	0,70
23	19 017,11	134,71	0,70
24	21 023,88	148,88	0,70
25	19 969,50	141,44	0,70
26	16 770,97	118,87	0,70
27	17 362,55	123,00	0,70
28	18,149,06	128,59	0,70
29	16 917,90	119,88	0,70
30	16 920,90	119,87	0,70
31	16 773,97	118,87	0,70
32	16 222,41	115,01	0,70
33	16 499,67	116,90	0,70
34	16 360,69	115,95	0,70
35	16 358,44	115,95	0,70
36	11 371,32	80,90	0,71
37	16 775,72	118,87	0,70
38	10 818,31	76,94	0,71
39	10 118,78	71,84	0,71
40	10 702,93	76,11	0,71

DETECÇÃO Nº 05 - TÉCNICA DA ÁGUA ACRESCIDA

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	5 794,65	41,34	0,71
02	5 109,13	36,46	0,71
03	5 229,40	27,32	0,71
04	5 520,55	39,39	0,71
05	5 744,59	40,98	0,71
06	19 384,22	137,33	0,70
07	19 011,36	134,72	0,70
08	20 587,80	145,82	0,70
09	20 369,66	144,34	0,70
10	19 962,25	141,45	0,70
11	21 019,38	148,89	0,70
12	22 185,22	157,16	0,70
13	19 570,34	138,68	0,70
14	21 013,88	148,89	0,70
15	21 465,87	152,09	0,70
16	16 628,66	117,89	0,70
17	17 061,51	120,90	0,70
18	15 718,03	111,38	0,70
19	17 056,76	120,91	0,70
20	17 204,87	121,95	0,70
21	19 009,36	134,72	0,70
22	19 961,00	141,45	0,70
23	20 158,27	142,88	0,70
24	20 582,05	145,82	0,70
25	19 012,86	134,71	0,70
26	17 988,26	127,43	0,70
27	17 507,35	124,09	0,70
28	17 820,39	126,30	0,70
29	16 768,47	118,88	0,70
30	16 096,03	114,08	0,70
31	16 916,40	119,88	0,70
32	17 059,01	120,90	0,70
33	15 958,75	113,18	0,70
34	14 780,06	104,79	0,70
35	14 884,37	105,58	0,70
36	10 719,93	76,08	0,70
37	12 014,44	85,24	0,70
38	11 585,15	82,28	0,70
39	12 544,36	88,99	0,70
40	10 541,26	74,89	0,71

DETECÇÃO Nº 06 - C.P. COM ÁGUA ACRESCIDA E SEM CONE

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	5 866,20	41,81	0,71
02	4 531,00	33,86	0,74
03	4 896,25	35,20	0,71
04	4 894,75	35,19	0,71
05	4 994,62	35,64	0,71
06	28 136,51	199,20	0,70
07	27 746,27	196,43	0,70
08	26 993,27	191,13	0,70
09	24 358,99	172,48	0,70
10	27 005,27	191,12	0,70
11	32 755,13	231,85	0,70
12	33 867,55	239,71	0,70
13	32 756,88	231,85	0,70
14	35 059,21	248,12	0,70
15	32 759,38	231,85	0,70
16	30 272,03	214,29	0,70
17	30 741,98	217,58	0,70
18	34 451,75	243,84	0,70
19	29 379,76	208,99	0,70
20	32 223,31	228,11	0,70
21	30 267,28	214,29	0,70
22	30 732,73	217,59	0,70
23	31 215,50	220,99	0,70
24	31 217,50	220,98	0,70
25	31 222,75	220,98	0,70
26	29 380,76	207,99	0,70
27	31 716,03	224,49	0,70
28	29 822,49	211,09	0,70
29	30 733,23	217,59	0,70
30	32 226,81	228,11	0,70
31	31 214,25	220,99	0,70
32	29 823,49	211,09	0,70
33	28 539,92	202,04	0,70
34	28 951,75	204,97	0,70
35	28 954,50	204,97	0,70
36	28 142,26	199,20	0,70
37	27 004,77	191,12	0,70
38	28 952,75	204,97	0,70
39	25 615,02	181,32	0,70
40	25 613,77	181,32	0,70

DETECÇÃO Nº 07 - C.P. COM ÁGUA ACRESCIDA E SEM CONE

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	4 995,87	35,63	0,71
02	5 613,25	34,18	0,74
03	5 837,35	41,55	0,71
04	4 896,75	35,22	0,71
05	5 048,14	35,99	0,71
06	27 742,52	196,44	0,70
07	28 141,51	199,20	0,70
08	27 370,01	193,74	0,70
09	24 357,99	172,48	0,70
10	26 998,77	191,12	0,70
11	35 057,96	248,12	0,70
12	33 866,80	239,71	0,70
13	32 756,38	231,85	0,70
14	33 299,58	235,72	0,70
15	32 227,31	228,11	0,70
16	34 448,75	243,84	0,70
17	32 221,81	228,11	0,70
18	30 271,78	214,29	0,70
19	31 218,75	220,98	0,70
20	28 950,75	204,97	0,70
21	30 736,48	217,59	0,70
22	31 222,50	220,98	0,70
23	31 216,50	220,98	0,70
24	31 225,25	220,98	0,70
25	31 208,25	220,99	0,70
26	32 756,13	231,85	0,70
27	31 715,78	224,49	0,70
28	28 958,00	204,97	0,70
29	29 819,99	211,09	0,70
30	30 736,73	217,58	0,70
31	30 737,23	217,58	0,70
32	28 538,92	202,05	0,70
33	28 950,00	204,98	0,70
34	30 269,03	214,29	0,70
35	29 383,51	207,98	0,70
36	28 545,67	202,04	0,70
37	25 946,77	183,68	0,70
38	25 596,52	181,34	0,70
39	27 360,51	192,75	0,70
40	28 946,77	204,98	0,70

DETECÇÃO Nº 08 - C.P. COM ÁGUA ACRESIDA E SEM CONE

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	7 479,04	53,25	0,71
02	7 187,21	51,13	0,71
03	7 937,62	56,41	0,71
04	6 935,39	49,36	0,71
05	6 823,81	48,49	0,71
06	27 742,77	196,44	0,71
07	29 818,99	211,09	0,70
08	26 634,91	188,58	0,70
09	25 937,77	183,68	0,70
10	31 717,28	224,49	0,70
11	31 215,25	220,99	0,70
12	32 222,56	228,11	0,70
13	30 266,53	214,29	0,70
14	31 706,28	224,50	0,70
15	29 278,51	207,99	0,70
16	30 272,28	214,29	0,70
17	28 534,17	202,05	0,70
18	31 706,53	224,50	0,70
19	28 939,50	204,98	0,70
20	28 950,75	204,97	0,70
21	28 954,25	204,97	0,70
22	29 817,24	211,09	0,70
23	30 735,48	217,59	0,70
24	31 216,25	220,98	0,70
25	28 937,00	204,98	0,70
26	28 951,50	204,97	0,70
27	28 541,17	202,04	0,70
28	30 740,98	217,58	0,70
29	33 299,83	235,72	0,70
30	29 374,01	207,99	0,70
31	26 991,52	191,13	0,70
32	28 137,01	199,20	0,70
33	28 133,01	199,20	0,70
34	25 605,27	181,13	0,70
35	28 954,00	204,97	0,70
36	28 948,50	204,98	0,70
37	32 225,06	228,11	0,70
38	30 261,78	214,29	0,70
39	27 747,02	196,43	0,70
40	28 929,50	204,99	0,70

DETECÇÃO Nº 09 - C.P. COM ÁGUA ACRESCIDA E SEM CONE

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	7 958,50	65,66	0,71
02	7 260,77	51,70	0,71
03	7 398,94	52,65	0,71
04	6 836,60	48,69	0,71
05	6 889,41	49,01	0,71
06	29 804,24	211,10	0,70
07	27 740,77	196,44	0,70
08	31 206,50	220,99	0,70
09	25 610,02	181,33	0,70
10	27 359,76	193,75	0,70
11	31 204,00	220,99	0,70
12	30 266,03	214,22	0,70
13	31 707,03	224,50	0,70
14	29 366,76	207,99	0,70
15	31 711,28	224,49	0,70
16	31 708,33	224,48	0,70
17	28 540,92	202,04	0,70
18	30 264,53	214,29	0,70
19	28 945,50	204,98	0,70
20	29 368,26	207,99	0,70
21	30 733,48	217,59	0,70
22	28 953,75	204,97	0,70
23	29 375,76	207,99	0,70
24	31 709,03	224,49	0,70
25	30 263,28	214,29	0,70
26	32 751,38	231,85	0,70
27	28 533,42	202,05	0,70
28	29 374,76	207,99	0,70
29	28 938,75	204,98	0,70
30	30 723,23	217,59	0,70
31	29 366,76	207,99	0,70
32	25 607,77	181,33	0,70
33	28 138,76	199,20	0,70
34	28 129,26	199,20	0,70
35	27 361,01	193,75	0,70
36	28 535,42	202,05	0,70
37	30 732,23	217,59	0,70
38	32 223,81	228,11	0,70
39	28 125,01	199,21	0,70
40	28 943,00	204,98	0,70

DETECÇÃO Nº 10 - C.P. COM ÁGUA ACRESCIDA E SEM CONE

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	9 776,67	69,37	0,70
02	11 391,82	80,86	0,70
03	12 158,12	86,28	0,70
04	10 958,51	77,75	0,70
05	11 808,81	83,71	0,70
06	30 731,98	217,59	0,70
07	28 536,42	202,05	0,70
08	28 541,67	202,04	0,70
09	30 739,73	217,58	0,70
10	31 717,28	224,49	0,70
11	34 446,50	243,84	0,70
12	33 765,30	230,71	0,70
13	32 222,56	228,11	0,70
14	33 295,83	235,72	0,70
15	31 219,50	220,98	0,70
16	32 751,63	231,85	0,70
17	31 705,53	224,50	0,70
18	30 738,23	217,58	0,70
19	31 706,78	224,50	0,70
20	31 210,25	220,99	0,70
21	32 219,81	228,11	0,70
22	32 756,38	231,85	0,70
23	31 707,28	224,50	0,70
24	31 707,03	224,50	0,70
25	28 119,26	199,21	0,70
26	32 222,81	228,11	0,70
27	29 820,24	211,09	0,70
28	33 864,80	239,71	0,70
29	31 704,78	224,50	0,70
30	30 737,98	217,58	0,70
31	30 267,28	214,29	0,70
32	27 371,51	193,74	0,70
33	29 382,01	207,99	0,70
34	28 537,17	202,05	0,70
35	28 139,01	199,20	0,70
36	29 278,76	207,99	0,70
37	28 134,76	199,20	0,70
38	29 819,49	211,09	0,70
39	31 210,50	220,99	0,70
40	30 734,73	217,59	0,70

DETECÇÃO Nº 11 - C.P. SEM ÁGUA ACRESCIDA E COM CONE

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	29 816,99	211,09	0,70
02	28 544,42	202,04	0,70
03	25 610,77	181,33	0,70
04	23 774,02	168,38	0,70
05	20 801,33	147,34	0,70
06	21 245,59	150,47	0,70
07	21 950,77	155,43	0,70
08	25 289,45	179,03	0,70
09	25 291,70	179,03	0,70
10	26 996,77	191,12	0,70
11	26 633,16	188,58	0,70
12	26 638,41	188,58	0,70
13	23 779,02	168,38	0,70
14	27 364,26	193,74	0,70
15	24 064,13	170,41	0,70
16	23 779,02	168,38	0,70
17	24 964,00	176,80	0,70
18	24 969,00	176,79	0,70
19	22 955,00	162,57	0,70
20	21 700,63	153,75	0,70
21	23 229,81	164,46	0,70
22	23 778,02	168,38	0,70
23	20 808,58	147,33	0,70
24	20 173,02	142,87	0,70
25	17 657,61	125,19	0,70
26	22 699,27	160,72	0,70
27	28 953,00	204,97	0,70
28	27 748,27	196,43	0,70
29	26 638,38	188,59	0,70
30	25 943,52	183,68	0,70
31	23 225,06	164,46	0,70
32	25 284,95	179,03	0,70
33	21 951,02	155,42	0,70
34	20 800,83	157,34	0,70
35	19 969,50	141,44	0,70
36	20 370,66	144,33	0,70
37	21 949,52	155,43	0,70
38	17 506,85	124,09	0,70
39	21 021,13	148,89	0,70
40	17 665,36	125,18	0,70

DETECÇÃO Nº 12 - C.P. SEM ÁGUA ACRESCIDA E COM CONE

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	23 494,16	166,40	0,70
02	24 359,24	172,48	0,70
03	23 775,27	168,38	0,70
04	22 958,75	162,57	0,70
05	22 693,27	160,73	0,70
06	25 945,02	183,68	0,70
07	23 224,31	164,46	0,70
08	24 357,74	172,48	0,70
09	21 478,62	152,08	0,70
10	25 282,95	179,03	0,70
11	21 019,88	148,89	0,70
12	28 540,67	202,04	0,70
13	28 953,25	204,97	0,70
14	28 133,51	199,20	0,70
15	24 064,88	170,41	0,70
16	22 436,91	158,92	0,70
17	27 002,02	191,12	0,70
18	27 743,52	196,44	0,70
19	24 054,33	170,41	0,70
20	23 491,91	166,40	0,70
21	26 629,16	188,58	0,70
22	27 746,52	196,43	0,70
23	21 952,02	155,42	0,70
24	27 367,01	193,74	0,70
25	24 653,25	174,62	0,70
26	25 282,95	179,03	0,70
27	25 946,77	183,68	0,70
28	25 608,02	181,33	0,70
29	28 542,67	202,04	0,70
30	28 137,51	199,20	0,70
31	25 605,77	181,33	0,70
32	20 584,05	145,82	0,70
33	24 357,74	172,48	0,70
34	24 656,35	174,61	0,70
35	21 021,63	148,89	0,70
36	16 917,15	119,88	0,70
37	19 970,00	141,44	0,70
38	14 887,62	105,58	0,70
39	16 912,90	119,88	0,70
40	20 364,66	144,34	0,70

DETECÇÃO Nº 13 - C.P. SEM ÁGUA ACRESCIDA E COM CONE

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	24 064,63	170,41	0,70
02	23 217,81	164,47	0,70
03	24 050,63	170,42	0,70
04	24 360,74	172,48	0,70
05	23 221,06	164,46	0,70
06	24 059,38	170,41	0,70
07	25 942,77	183,68	0,70
08	24 648,10	174,62	0,70
09	25 285,20	179,03	0,70
10	22 191,22	157,15	0,70
11	23 768,02	168,32	0,70
12	27 740,52	196,44	0,70
13	27 361,01	193,75	0,70
14	28 541,17	202,04	0,70
15	28 138,26	199,20	0,70
16	27 364,01	193,74	0,70
17	27 747,77	196,43	0,70
18	22 437,91	158,92	0,70
19	24 054,63	170,41	0,70
20	23 204,81	164,48	0,70
21	25 933,02	183,69	0,70
22	24 658,35	174,61	0,70
23	27 362,76	193,75	0,70
24	21 701,63	153,74	0,70
25	27 367,76	193,74	0,70
26	28 139,51	199,20	0,70
27	28 540,67	202,04	0,70
28	26 281,28	186,10	0,70
29	25 935,27	183,69	0,70
30	25 602,77	181,33	0,70
31	25 283,20	179,03	0,70
32	24 651,85	174,62	0,70
33	24 653,60	174,62	0,70
34	21 020,38	148,89	0,70
35	21 017,38	148,89	0,70
36	19 966,75	141,45	0,70
37	17 066,01	120,90	0,70
38	16 497,17	116,91	0,70
39	14 776,06	104,80	0,70
40	13 477,76	95,60	0,70

DETECÇÃO Nº 14 - C.P. SEM ÁGUA ACRESCIDA E COM CONE

Amostra	Contagem líquido (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	22 956,50	162,57	0,70
02	23 223,56	164,46	0,70
03	26 285,03	186,10	0,70
04	26 633,66	188,58	0,70
05	25 943,52	183,68	0,70
06	31 213,50	220,99	0,70
07	30 274,78	214,29	0,70
08	28 949,75	204,98	0,70
09	29 376,01	207,99	0,70
10	27 360,01	193,75	0,70
11	28 133,26	199,20	0,70
12	29 371,51	207,99	0,70
13	29 382,51	207,99	0,70
14	30 272,03	214,29	0,70
15	28 952,25	204,97	0,70
16	29 379,01	207,99	0,70
17	27 745,77	196,43	0,70
18	27 367,76	193,74	0,70
19	26 276,28	186,10	0,70
20	27 357,51	193,75	0,70
21	27 746,02	196,43	0,70
22	29 382,26	207,99	0,70
23	27 750,02	196,43	0,70
24	30 739,73	217,58	0,70
25	25 286,95	179,03	0,70
26	30 739,73	217,58	0,70
27	26 999,02	191,12	0,70
28	25 945,02	183,68	0,70
29	26 277,53	186,10	0,70
30	27 263,26	193,74	0,70
31	23 492,66	166,40	0,70
32	25 938,27	183,68	0,70
33	23 781,52	168,37	0,70
34	20 582,30	145,82	0,70
35	19 014,61	134,71	0,70
36	21 241,34	150,47	0,70
37	17 055,26	120,91	0,70
38	18 832,67	133,44	0,70
39	17 828,89	126,29	0,70
40	17 662,61	125,18	0,70

DETECÇÃO Nº 15 - C.P. SEM ÁGUA ACRESCIDA E COM CONE

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	26 277,28	186,10	0,70
02	26 991,27	191,13	0,70
03	24 670,85	174,60	0,70
04	27 744,52	196,43	0,70
05	30 274,53	214,29	0,70
06	30 264,53	214,29	0,70
07	29 378,76	207,99	0,70
08	28 955,75	204,97	0,70
09	25 611,02	181,33	0,70
10	30 735,48	217,59	0,70
11	29 821,24	211,04	0,70
12	29 813,24	211,09	0,70
13	29 384,76	207,98	0,70
14	29 380,51	207,99	0,70
15	28 138,26	199,20	0,70
16	26 636,66	188,58	0,70
17	30 735,48	217,59	0,70
18	24 063,38	170,41	0,70
19	25 935,77	183,69	0,70
20	24 965,59	176,80	0,70
21	24 965,50	176,80	0,70
22	26 275,28	186,10	0,70
23	24 356,49	172,48	0,70
24	24 658,85	174,61	0,70
25	23 212,31	164,47	0,70
26	24 053,63	170,41	0,70
27	25 606,52	181,33	0,70
28	23 498,41	166,40	0,70
29	26 283,53	186,10	0,70
30	29 818,49	211,09	0,70
31	28 940,75	204,98	0,70
32	28 538,42	202,05	0,70
33	27 364,51	193,74	0,70
34	24 966,50	176,80	0,70
35	23 494,41	166,40	0,70
36	20 586,55	145,82	0,70
37	21 942,52	155,43	0,70
38	18 307,62	129,78	0,70
39	20 364,66	144,34	0,70
40	19 373,47	137,34	0,70

DETECÇÃO Nº 16 - C.P. SEM ÁGUA ACRESCIDA E SEM CONE

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	21 943,77	155,43	0,70
02	22 959,00	162,57	0,70
03	19 200,26	136,01	0,70
04	21 468,87	152,09	0,70
05	24 062,13	170,41	0,70
06	23 775,77	168,38	0,70
07	19 576,09	138,67	0,70
08	21 707,88	153,74	0,70
09	21 246,09	150,47	0,70
10	21 710,38	153,74	0,70
11	23 777,27	168,38	0,70
12	24 356,24	172,48	0,70
13	24 355,99	172,48	0,70
14	22 695,52	160,73	0,70
15	21 017,38	148,89	0,70
16	21 022,38	148,88	0,70
17	24 054,63	170,41	0,70
18	21 017,38	148,89	0,70
19	22 695,52	160,73	0,70
20	21 243,34	150,47	0,70
21	24 660,60	174,61	0,70
22	23 778,27	168,38	0,70
23	22 957,00	162,57	0,70
24	24 359,99	172,48	0,70
25	20 170,52	142,87	0,70
26	19 769,98	140,04	0,70
27	19 017,36	134,71	0,70
28	24 359,49	172,48	0,70
29	21 468,37	152,09	0,70
30	21 023,13	148,88	0,70
31	22 195,97	157,15	0,70
32	19 965,00	141,45	0,70
33	19 963,25	141,45	0,70
34	22 955,25	162,57	0,70
35	23 496,66	166,40	0,70
36	23 217,81	164,47	0,70
37	20 805,08	147,33	0,70
38	21 472,62	152,09	0,70
39	27 747,77	196,43	0,70
40	24 972,25	176,79	0,70

DETECÇÃO Nº 17 - C.P. SEM ÁGUA ACRESCIDA E SEM CONE

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	19 384,22	137,33	0,70
02	19 770,73	140,04	0,70
03	19 193,01	136,01	0,70
04	18 659,08	132,20	0,70
05	18 142,06	128,60	0,70
06	18 825,92	133,45	0,70
07	21 704,13	153,74	0,70
08	19 386,97	137,33	0,70
09	22 954,25	162,57	0,70
10	22 185,47	157,16	0,70
11	23 775,27	168,38	0,70
12	21 470,87	152,09	0,70
13	21 020,88	148,89	0,70
14	21 703,38	153,74	0,70
15	20 373,16	144,33	0,70
16	19 770,48	140,04	0,70
17	17 658,86	125,19	0,70
18	16 769,72	118,88	0,70
19	21 941,77	155,43	0,70
20	21 014,88	148,89	0,70
21	19 197,01	136,01	0,70
22	18 482,51	130,98	0,70
23	19 960,00	141,45	0,70
24	18 831,42	133,45	0,70
25	18 311,37	129,78	0,70
26	19 200,51	136,00	0,70
27	19 970,00	141,44	0,70
28	18 840,92	133,44	0,70
29	19 768,23	140,05	0,70
30	20 377,41	144,33	0,70
31	21 946,52	155,43	0,70
32	21 466,62	152,09	0,70
33	20 169,77	142,87	0,70
34	19 382,97	137,33	0,70
35	20 586,55	145,82	0,70
36	19 767,98	140,05	0,70
37	18 313,87	129,77	0,70
38	16 915,15	119,88	0,70
39	17 208,37	121,94	0,70
40	15 470,87	109,66	0,70

DETECÇÃO Nº 18 - C.P. SEM ÁGUA ACRESCIDA E SEM CONE

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	25 941,52	183,68	0,70
02	22 957,75	162,57	0,70
03	21 466,87	152,09	0,70
04	21 950,52	155,43	0,70
05	19 393,72	137,32	0,70
06	24 960,25	176,80	0,70
07	22 957,25	162,57	0,70
08	21 244,84	150,47	0,70
09	21 471,87	152,09	0,70
10	20 374,91	144,33	0,70
11	22 691,27	160,73	0,70
12	21 711,88	153,74	0,70
13	21 245,09	150,47	0,70
14	19 963,25	151,45	0,70
15	20 581,05	145,82	0,70
16	21 705,88	153,74	0,70
17	18 142,81	128,60	0,70
18	16 761,97	118,88	0,70
19	21 238,84	150,47	0,70
20	23 224,06	164,46	0,70
21	21 702,13	153,74	0,70
22	21 708,38	153,74	0,70
23	21 706,13	153,74	0,70
24	21 706,38	153,74	0,70
25	20 564,30	145,84	0,70
26	23 774,77	168,38	0,70
27	22 605,02	160,73	0,70
28	23 777,77	168,38	0,70
29	19 571,09	138,68	0,70
30	20 585,55	145,82	0,70
31	21 939,27	155,43	0,70
32	22 443,16	158,92	0,70
33	24 965,50	176,80	0,70
34	25 278,95	179,04	0,70
35	24 059,13	170,41	0,70
36	21 946,27	155,43	0,70
37	22 189,97	157,16	0,70
38	19 013,61	134,70	0,70
39	19 379,73	137,33	0,70
40	19 760,98	140,05	0,70

DETECÇÃO Nº 19 - C.P. SEM ÁGUA ACRESCIDA E SEM CONE

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	28 539,17	202,05	0,70
02	26 274,03	186,10	0,70
03	22 698,52	160,72	0,70
04	22 189,47	157,16	0,70
05	19 389,72	137,32	0,70
06	27 743,27	196,44	0,70
07	27 366,76	193,74	0,70
08	23 224,06	164,46	0,70
09	21 476,62	152,08	0,70
10	21 242,09	150,47	0,70
11	28 138,01	199,20	0,70
12	26 994,27	191,13	0,70
13	25 282,20	179,03	0,70
14	21 020,13	148,89	0,70
15	21 472,87	152,09	0,70
16	28 544,42	202,04	0,70
17	28 535,67	202,05	0,70
18	25 282,95	179,03	0,70
19	22 432,91	158,93	0,70
20	20 796,58	157,34	0,70
21	27 749,02	196,43	0,70
22	27 742,02	196,44	0,70
23	25 607,52	181,44	0,70
24	24 059,88	170,41	0,70
25	22 944,90	162,58	0,70
26	25 607,02	181,33	0,70
27	25 938,27	183,68	0,70
28	23 780,27	168,38	0,70
29	22 184,22	157,16	0,70
30	23 225,06	164,46	0,70
31	26 281,03	186,10	0,70
32	26 635,41	188,58	0,70
33	25 942,52	183,68	0,70
34	23 223,06	164,46	0,70
35	22 436,41	158,92	0,70
36	24 654,60	174,62	0,70
37	24 357,49	172,46	0,70
38	21 702,38	153,74	0,70
39	22 188,72	157,16	0,70
40	21 466,12	152,09	0,70

DETECÇÃO Nº 20 - C.P. SEM ÁGUA ACRESCIDA E SEM CONE

Amostra	Contagem líquida (cpm)	Desvio padrão (cpm)	Coefficiente de variação (%)
01	25 939,27	183,68	0,70
02	23 773,27	168,38	0,70
03	22 693,52	160,73	0,70
04	22 191,47	157,15	0,70
05	20 376,16	144,33	0,70
06	24 358,49	172,48	0,70
07	24 061,13	170,41	0,70
08	21 945,77	155,43	0,70
09	21 941,27	155,43	0,70
10	22 185,47	157,16	0,70
11	25 285,45	179,03	0,70
12	25 606,52	181,33	0,70
13	24 655,35	174,62	0,70
14	23 776,27	168,38	0,70
15	21 476,62	152,08	0,70
16	24 964,00	176,80	0,70
17	23 778,27	168,38	0,70
18	21 939,77	155,43	0,70
19	21 461,87	152,10	0,70
20	21 013,88	148,89	0,70
21	25 281,95	179,03	0,70
22	24 355,24	172,49	0,70
23	23 780,52	168,38	0,70
24	21 468,12	152,09	0,70
25	20 791,83	147,34	0,70
26	25 286,70	179,03	0,70
27	22 189,22	157,16	0,70
28	19 576,59	138,67	0,70
29	20 375,66	144,33	0,70
30	19 571,84	138,68	0,70
31	23 497,41	166,40	0,70
32	22 962,00	162,57	0,70
33	21 023,13	148,88	0,70
34	22 441,41	158,92	0,70
35	20 584,80	145,82	0,70
36	28 540,92	202,04	0,70
37	25 941,02	183,68	0,70
38	24 340,49	172,50	0,70
39	21 246,34	150,47	0,70
40	22 434,91	158,92	0,70

9.2. Análise estatística

Técnica com Água com ConeAnálise de Variância

Fonte de Variação	G.L.	Q.M.	F
Corpo de prova (C)	4	454.269.340	10,88 *
Secções (S)	7	801.208.222	19,18 *
C x S	28	41.759.723	34,05 *
Contagens dentro de secções dentro de corpos de prova (Resíduo)	160	1.226.329	
Total	199		

Média Geral: 16.144

Média de Secções

<u>Contagens de ^3H</u>	
1)	5.126
2)	18.489
3)	19.989
4)	18.416
5)	22.087
6)	18.937
7)	15.662
8)	10.342

Conclusões: Existem diferenças entre as médias de contagens de corpos de prova. Existem diferenças entre as médias de contagens de secções.

TÉCNICA: Com Água sem Cone

Análise de Variância

F. de Variação	G.L.	Q.M.	F
Corpo de Prova (C)	4	21.310.219	2,95*
Secções (S)	7	1.677.364.329	232,23*
C x S	28	7.222.787	3,89
Contagens dentro de secções dentro de corpos de prova (Resíduo)	160	1.855.219	
Total	199		

Média Geral: 27.186

Média de Secções

Contagens de ^3H

- 1) 7.175
- 2) 28.107
- 3) 32.340
- 4) 30.781
- 5) 30.698
- 6) 30.657
- 7) 28.819
- 8) 28.907

Conclusões: Existem diferenças entre as médias de corpos de prova.
Existem diferenças entre as médias de secções.

TÉCNICA: Sem Água com Cone

F. de Variação	G.L.	Q.M.	F
Corpo de Prova (C)	4	63.517.490	5,70*
Secções (S)	7	193.707.294	17,39*
C x S	28	11.134.691	2,59*
Contagens dentro de secções dentro de corpos de prova (Resíduo)	160	4.295.412	
Total	199		

Média Geral: 24.745

Média de secçõesContagens de ^3H

1)	25.029
2)	26.212
3)	27.495
4)	25.418
5)	25.015
6)	26.675
7)	23.626
8)	18.502

Conclusões: Existem diferenças entre as médias de contagens de corpos de prova. Existem diferenças entre as médias de contagens de secções.

TÉCNICA: Sem Água sem Cone

F. de Variação	G.L.	Q.M.	F
Corpo de prova (C)	4	117.348.850	20,41*
Secções (S)	7	5.333.154	0,93
C x S	28	5.747.525	1,45
Contagens dentro de secções dentro de corpos de prova (Resíduo)	160	3.947.322	
Total			

Média Geral: 22.227

Média de secçõesContagens de ^3H

- | | |
|----|--------|
| 1) | 22.022 |
| 2) | 22.285 |
| 3) | 22.977 |
| 4) | 21.838 |
| 5) | 22.475 |
| 6) | 21.677 |
| 7) | 22.633 |
| 8) | 21.802 |

Conclusões: Existem diferenças entre as médias de contagens entre corpos de prova. Não há diferença entre as médias de contagens de secções.

ANÁLISE CONJUNTA: CONTAGENS DE ÁGUA TRITIADA

Técnica 3: Sem Água - Com Cone

Técnica 1: Com Água - Com Cone

Análise de Variância

F. de Variação	G.L.	Q.M.	F
Entre corpos de prova dentro de técnicas	8	258.893.414	9,79*
Técnicas (T)	1	7.398.912.344	279,76*
Secções (S)	7	698.479.852	26,41*
T x S	7	296.435.660	11,20*
Resíduo	56	26.447.205	
Contagens dentro de secções dentro de corpos de prova	320	2.760.869	
Total	399		

Média Geral: 20.444

Médias de secções (Contagens de ^3H)

Secção	Técnica 1 c/água-c/cone	Técnica 3 s/água-c/cone
1	5.126	25.029
2	18.589	26.212
3	19.989	27.495
4	18.416	25.418
5	22.087	25.015
6	18.937	26.663
7	15.662	23.626
8	10.342	18.502

Conclusão: Existem diferenças entre secções e entre técnicas.

Desdobramento: Diferenças entre técnicas 1 e 3
dentro de secções

F. de Variação	G.L.	Q.M.
Técnicas d. Secção 1	1	4.951.617.612,0 *
2	1	726.376.612,0 *
3	1	704.250.450,0 *
4	1	612.850.050,0 *
5	1	107.164.800,0 *
6	1	746.138.450,0 *
7	1	792.816.200,0 *
8	1	832.320.000,0 *
	8	9.473.534.175,0
Resíduo	56	26.447.205,0

* Nível de significância - 5%

Conclusão: As médias de técnicas diferem entre si dentro de cada secção.

ANÁLISE CONJUNTA: CONTAGENS DE ÁGUA TRITIADA

Técnica 2 - Com Água - Sem Cone

versus

Técnica 1 - Com Água - Com Cone

Análise de Variância

F. de Variação	G.L.	Q.M.	F
Entre corpos			
de prova dentro			
de técnicas	8	237.789.778	9,71 *
Técnicas (T)	1	12.094.657.400	493,83 *
Secções (S)	7	2.210.190.997	90,24 *
T x S	7	268.381.551	10,96 *
Resíduo	56	24.491.254	
Contagens dentro de			
secções dentro			
de corpos			
de prova	320	1.540.772	
Total	399		

Média Geral: 21642

Médias de secções (Contagens de 3_{H})

Secção	Técnica 1	Técnica 2
	c/água - c/cone	c/água - s/cone
1	5.126	7.178
2	18.589	28.107
3	19.989	32.340
4	18.416	30.781
5	22.087	30.698
6	18.937	30.698
7	15.662	28.619
8	10.342	28.707

Conclusão: Existem diferenças entre as médias de secções e entre médias de técnicas.

A interação Técnicas x Secções é significativa, o que indica que as contagens verificadas nas secções são influenciadas pela técnica adotada.

Desdobramento da análise:

Diferença entre técnicas 1 e 2
dentro de cada secção.

F. de variação	G.L.	Q.M.
Técnicas d. Secção	1	52.633.800 *
	2	1.132.404.050 *
	3	1.906.840.012 *
	4	1.911.165.312 *
	5	926.866.512 *
	6	1.729.014.012 *
	7	2.098.548.112 *
	8	4.215.915.312 *
	8	13.973.387.125
Resíduo	56	1.540.772

Conclusão: As médias de técnicas diferem entre si dentro de cada secção.

Prof. Dr. Vivaldo Francisco da Cruz
Depto. de Matemática e Estatística
ESALQ - USP.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL