

## Princípios básicos de Incubação

*Thomas A. C. Calil – Médico Veterinário CRMV-SP 15018*  
Gerente de Operações  
Pas Reform do Brasil

Atualmente a avicultura moderna está se voltando para o tema incubação numa frequência e intensidade nunca antes encontrada em outro segmento dessa cadeia produtiva. O conhecimento acumulado em áreas diversas como nutrição e alimentação, sanidade, manejo, ambiência se desenvolveu em um ritmo dificilmente acompanhado pela incubação nos últimos anos.

Entretanto, a necessidade mandatária de se conhecer as constantes alterações dos processos metabólicos dos embriões fez com que várias frentes de pesquisas de instituições públicas e também da iniciativa privada focassem o entendimento e as associações entre fenômenos bioquímicos/biofísicos e os parâmetros físicos da incubação moderna. Tal necessidade tem trazido benefícios à indústria avícola tais como o surgimento de equipamentos de incubação de altíssima qualidade, completamente alinhados às demandas biológicas e físicas do ovo incubado das linhagens atuais. Toda a aplicação prática desse conhecimento do mundo da incubação é voltada, principalmente, para os equipamentos de estágio único, os quais ainda não são comumente usados no nosso país.

Os parâmetros físicos necessários para uma correta incubação continuam os mesmos desde o início da incubação industrial. O que foi alterado e deve ser de conhecimento dos incubadores é a maneira como gerenciamos viragem, ventilação, umidade e temperatura e a relevância atribuída a cada um desses parâmetros. A utilização de controle de CO<sub>2</sub> foi adicionada ao rol das necessidades do embrião de certa forma recentemente e ainda levanta controvérsias por parte da comunidade científica e fabricantes de equipamentos.

Vários artigos científicos comprovam que a geração de calor no final do período de incubação dos embriões das linhagens modernas é praticamente o dobro do que se via na década de 80 (Lourens, 2006). Isso culminou na evidente incapacidade dos equipamentos de incubação em lidar com a remoção adequada de calor nos estágios finais do desenvolvimento embrionário, seja a incubação realizada no modelo de estágio múltiplo ou único (equipamentos de gerações anteriores).

Portanto, de todas as conseqüências da evolução no desenvolvimento embrionário, o controle de sua temperatura e não somente da máquina é o item mais importante nos dias atuais. Compreendendo a fisiologia embrionária podemos entender porque o controle de temperatura afeta todos os outros parâmetros físicos e também é afetado por eles.

Devemos sempre entender o processo de incubação como uma perfeita simbiose entre fenômenos bioquímicos e fenômenos físicos mutuamente combinados através de metodologias científicas aplicadas. Embora nossa capacidade de intervenção, por enquanto, esteja limitada aos fatores físicos, é de extrema importância conhecer os fenômenos bioquímicos para que os físicos exerçam influências positivas sobre eles. Dos fenômenos físicos envolvidos na incubação a temperatura é, com segurança, o mais importante.

O correto entendimento da temperatura do embrião e da máquina deve estar associado aos outros três parâmetros físicos consagrados da incubação e é justamente sobre esses parâmetros que discutiremos nas próximas páginas.

## Fisiologia embrionária – princípios básicos

Quando o assunto é fisiologia embrionária, logo os eventos morfológicos e cronológicos ao longo dos 21 dias de incubação nos vêm à mente, como a idade correta de incubação para o surgimento de órgãos e estruturas, sejam elas visíveis ou não a olho nu. Entretanto, para ilustrar um exemplo, o fato de sabermos que o surgimento dos batimentos cardíacos tem início por volta de 48 horas de incubação não nos faz entender como podemos auxiliar o embrião a se desenvolver melhor. É preciso ir além. É preciso conhecer a fisiologia do embrião desde o início da incubação, que se dá ainda no trajeto oviduto-cloaca.

A fisiologia completa do desenvolvimento embrionário é tema muito extenso e de grande complexidade. Entretanto basta entendermos alguns dos principais fenômenos que ocorrem no embrião para podermos ter uma visão geral que nos permita intervir positivamente em nosso dia-a-dia dentro de um incubatório.

Quando ocorre a fecundação (momento em que o espermatozóide se funde ao óvulo) algumas reações químicas tomam lugar, o blastodisco (pequena área brancacenta visível a olho nu) se transforma didaticamente em blastoderma e os processos de embriologia precoce se iniciam estimulados apenas pela temperatura interna da ave. De maneira geral, tais processos são resumidos em clivagem (quando ocorre a formação das zonas opacas e pelúcidas) e gastrulação. A clivagem tem início ainda durante a formação da casca na câmara calcígena da ave e nela se forma a blastocele após sucessivas divisões de células denominadas blastômeros e também os precursores dos futuros tecidos embrionários e da ave adulta, denominados neste momento epiblasto e hipoblasto. Já a gastrulação é o momento mais importante desde a fecundação e é caracterizada principalmente pelo início da transição de uma estrutura bi-dimensional (2D) para uma estrutura tri-dimensional (3D) ocorrendo ainda no organismo da galinha e sua duração é muito restrita, sendo a formação do eixo central do embrião o fenômeno mais importante, pois a partir daí terá início a linha primitiva e a formação dos somitos, os quais originarão os órgãos da ave até a fase adulta (Boerjan, 2006). Durante a gastrulação três camadas de células se estabelecem e alguns autores indicam o surgimento dessas camadas como ponto de início da gastrulação. As três camadas originadas durante a gastrulação são (Hybro, 2007):

- Endoderma: Dará origem ao sistema respiratório, órgãos secretores e contribuirão para a formação de várias partes do trato gastro intestinal.

- Ectoderma: Será a base principal para a formação da pele, bico, cloaca, olhos e sistema nervoso.

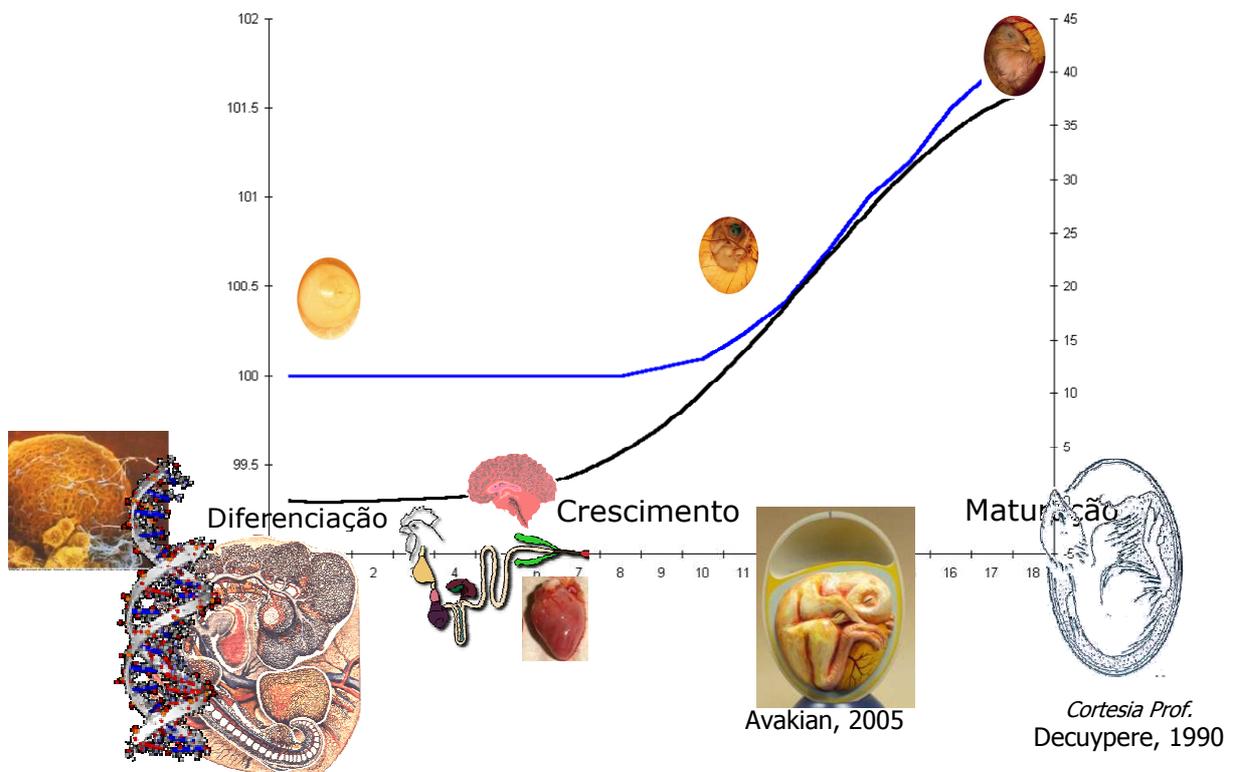
- Mesoderma: A partir dessa camada os ossos, o sistema sanguíneo/circulatório, excretório, e os órgãos reprodutores terão início.

No momento da postura o blastoderma está em fase de gástrula. Portanto, essas células podem ser consideradas clones uma das outras, sem função específica até esse momento (denominadas tecnicamente células indiferenciadas totipotentes e pluripotentes). Basta fornecer temperatura para podermos dizer que o processo de incubação tem início e a partir desse momento podemos dizer, também, que o que ocorre no embrião é subdividido em três fases distintas que por alguns momentos se interpolam, visto que os diferentes tecidos embrionários têm diferentes limiares ótimos de desenvolvimento, todos associados à temperatura (Decuypere & Michels, 1992). Isso faz com que não seja possível determinar o momento exato em que inicia e/ou termina qualquer dessas fases.

Em geral o que ocorre no embrião é:

- **Diferenciação Celular:** As células se tornam especializadas e a partir daí a formação dos órgãos vitais do embrião tem início. Neste momento ocorrem as principais interferências genéticas e a biologia celular tem um acelerado metabolismo. A diferenciação celular ocorre através da interação entre instruções genéticas contidas no DNA da espécie em questão e fatores químicos auxiliados por princípios mecânicos e físicos.
- **Crescimento:** Uma vez havendo a especialização, cada grupo celular inicia uma seqüência organizada de multiplicação (mitoses sucessivas) e crescimento (hipertrofia) que levará para a formação de tecidos e órgãos. Esta é a fase de maior duração e ocorre concomitantemente com a diferenciação e maturação celular durante determinados períodos.
- **Maturação:** Uma vez que tecidos e órgãos vitais estejam formados, tem início a maturação dos mesmos, ou seja, o estabelecimento de suas funções propriamente ditas. É durante essa fase que as principais glândulas iniciam a secreção hormonal promovendo evidente interação entre órgãos através de constantes feed backs positivos e negativos, numa entranhada cadeia promotora de causas e efeitos metabólicos.

O Gráfico esquemático abaixo define didaticamente a cronologia de cada fase discutida (Boerjan, 2006).



E, para que isso ocorra fisiologicamente da melhor maneira possível, do que o embrião precisa?

Como dissemos anteriormente, a compreensão dos fenômenos e das necessidades do embrião é altamente complexa e não é o objetivo desse trabalho, pois, se o fosse, demandaria páginas e páginas de explicações científicas de pouca ou nenhuma utilização prática para os técnicos de campo (incubadores).

Podemos seguramente resumir que todo o processo de desenvolvimento embrionário é dependente de reações bioquímicas muito simples: transformação de substrato em energia para realização das três fases vistas acima. O embrião utiliza principalmente o substrato Gema para realização dessas conversões energéticas e sua composição permite que os processos bioquímicos principais se resumam, em condições normais, a transformação de carboidratos e gordura em energia (ATP), para, a partir daí, todos os outros processos transformativos serem realizados com eficiência pelo embrião.

Sabemos que a queima de carboidratos para obtenção da energia necessária do embrião é uma via muito fácil (isso em qualquer espécie), porém de pouca rentabilidade energética, ao passo que a queima de gordura é um processo mais complexo com rendimento significativamente superior, ainda mais na presença de oxigênio. Por isso, o embrião utiliza fontes de carboidratos (que estão pouco presentes no ovo) no início de seu desenvolvimento e quando há demanda energética de pronta utilização (como por exemplo no processo de nascimento, a partir da quebra de glicogênio hepático que começa a ser armazenado ainda no primeiro terço de incubação). Caso contrário é vantajoso para o embrião se farta da energia contida nas gorduras da gema, mantendo um crescimento e desenvolvimento ordenado.

De maneira geral, a queima de carboidrato se dá com a seguinte equação:



*Ex: Quebra de Glicose, que reage com 6 moléculas de oxigênio, resultando e 6 moléculas de gás carbônico + 6 moléculas de água + a energia na forma de 38 ATP's (em condição de aerobiose) + calor*

Outros componentes são utilizados visando obtenção de energia para o metabolismo embrionário, mas de forma geral, no final dos processos tais componentes são convergidos para a via glicolítica como última etapa, mesmo quando o substrato original não for um carboidrato. As gorduras presentes na gema (ácido oléico, linoleico, palmítico, araquidônico etc) são degradadas através de reações Beta oxidativas em que os ácidos graxos de cadeia longa são transformados em Acetil-CoA, entrando a partir daí no ciclo de Krebs, resultado também em energia, CO<sub>2</sub> e água (em muitos casos passando pela queima aeróbica de algumas moléculas de glicose, justificando o nome "oxidativa", que vem do oxigênio).

Todas essas reações são dependentes de duas variáveis, uma física e outra bioquímica, daí a importância da interação entre esses dois parâmetros. A participação de enzimas (variável química) nos processos de transformação desses substratos em energia é de extrema importância, sem a qual não seria possível o desenvolvimento de nenhum tecido animal, pois o tempo seria elevado o suficiente para promover a morte tecidual. Além da participação enzimática na modulação da velocidade e eficiência dessas reações a outra variável é temperatura (variável física) e, como é de conhecimento geral, altas temperaturas aceleram essas reações e baixas temperaturas diminuem seu ritmo.

Portanto, enzimas e temperatura são literalmente os únicos fatores que influenciam nessas transformações. Todos os outros fatores são secundários e trabalham sinergicamente à temperatura, visto que a ação enzimática ainda não pode ser controlada pelo homem.

Admitindo que as transformações no interior do ovo são baseadas nos princípios bioquímicos básicos acima, poderemos entender os principais parâmetros físicos da incubação (Temperatura, Viragem, Ventilação e Umidade). É uma tarefa muito difícil discorrer sobre cada parâmetro isoladamente e sua interferência no embrião, uma vez que todos estão intimamente relacionados. Para efeito didático podemos classificá-los lembrando-nos sempre de termos uma visão geral de suas inter-relações.

\* O entendimento dessa simples equação bioquímica fornece absolutamente todos os subsídios necessários para a incubação, pois através dela chegamos às conclusões da demanda de ventilação, temperatura e perda de umidade ideais para o embrião, cabendo a partir daí associar os eventos físicos necessários.

## Temperatura

Iniciamos a discussão com temperatura porque é o parâmetro mais importante, senão o único importante sob o ponto de vista do embrião.

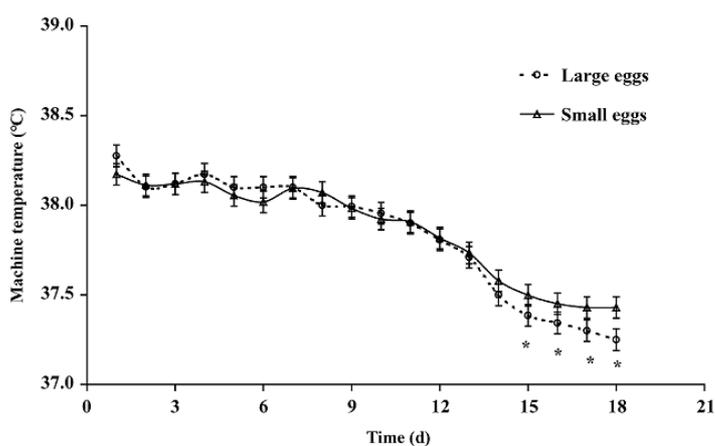
As reações descritas acima ocorrem sob um ótimo de temperatura constante no interior do ovo. Qualquer alteração dentro de uma faixa aceita normal pela comunidade científica (100,0°F a 100,5°F no início da incubação e 100,5 a 101,5°F nos últimos dias do ciclo) pode provocar deficiências na formação embrionária (baixo metabolismo) ou então acarretar em problemas de manejo no incubatório tais como ampla janela de nascimento, mortalidade embrionária principalmente tardia e desidratação. Meijerhof (1992) relatou problemas de mortalidade embrionária inicial causados por temperaturas desuniformes (altas e baixas) do embrião. A literatura está recheada de estudos e trabalhos científicos comprovando que o controle da temperatura embrionária é o fator mais crítico da incubação de linhagens modernas. Meijerhof (2001) compilou os seguintes trabalhos e suas principais conclusões:

Autor/Fonte	Ano	Objeto de estudo	Principais Conclusões
D. Hill	1997	Diferença na temperatura embrionária de 101°F contra 104°F.	3 a 5 pontos em conversão alimentar num mesmo peso em favor da temperatura de 101°F.
M. Wineland	1999	Diferenças de temperatura embrionária de até 1,5°F na incubadora e 2,5°F no nascedouro.	Na baixa temperatura: pintos 5% mais desenvolvidos, desenvolvimento cardíaco 15% melhor.
G. Gladys et al	1999	Temperatura embrionária nos últimos 5 dias de incubação: 99,5°F; 101,5°F e 103,5°F.	5 a 7 pontos em conversão alimentar para um peso corrigido para 101,5°F.
Walk et al	1999	Comparação de campo entre linhagens clássicas e de alto rendimento incubadas à maneira tradicional ou com controle de temperatura embrionária.	Incubação tradicional: Conversão alimentar comparável. Controle de temperatura: Conversão 5 pontos melhor para linhagem de alto rendimento.
M. Hullet et al	2000	Relação entre temperatura embrionária e produção de calor (desenvolvimento).	Redução da produção de calor nos embriões incubados em condições sub-ótimas.
M. Hullet et al	2001	Relação entre genética e produção de calor.	Linhagens de alto rendimento produzem de 50 a 100% mais calor do que as linhagens clássicas reportadas pela literatura.
D. Hill	2001	Diferenças na temperatura embrionária devido a diferenças nas incubadoras.	Diferença de 10 a 15% no comprimento da coluna vertebral devido a diferenças na temperatura embrionária.

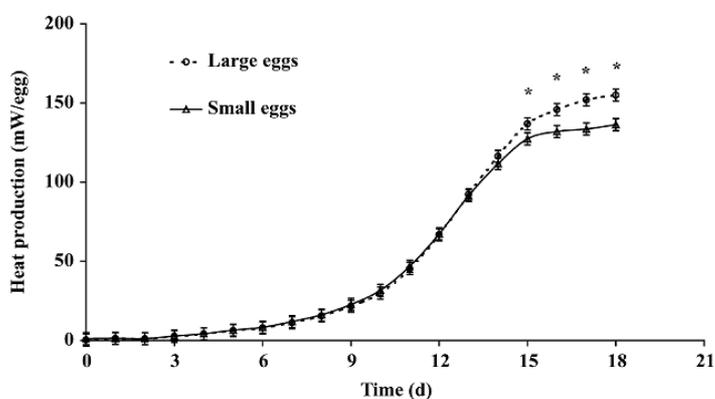
<b>S. Lourens</b>	<b>2001</b>	Diferença na temperatura embrionária na incubadora aos 18 dias, variando de 101,1°F a 104,5°F.	Mais de 10% mortalidade embrionária tardia e 5% mais pintos refugo no grupo de alta temperatura.
-------------------	-------------	------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------

Após 2001 as pesquisas não pararam e atualmente a literatura oferece dezenas de trabalhos técnicos comprovando a mesma hipótese, respeitando-se variações normais decorrentes de todo processo biológico.

Para ilustrarmos um dos mais recentes, podemos citar a investigação conduzida por Lourens (2006) e seus colegas. O objetivo do trabalho em questão foi verificar os efeitos do tamanho dos ovos no desenvolvimento embrionário, na produção de calor metabólico e na partição energética dos ovos e pintos resultantes. Os ovos foram mantidos a temperatura constante de 37,8°C (100,0°F) e para isso os ajustes de temperatura das câmaras de incubação experimental tiveram de ser distintos, refletindo a superior produção de calor dos ovos maiores, como mostra o gráfico abaixo. Isso ocorreu como tentativa de compensar a maior produção de calor metabólico dos ovos maiores devido ao metabolismo mais acelerado a partir de 12-15 dias. O ajuste na temperatura da máquina evita os efeitos adversos de altas temperaturas embrionárias no último período de incubação (Lourens, 2006).



Ajustes de set point de temperatura conforme o tamanho dos ovos visando manter a temperatura embrionária constante em 37,8°C (100,0°F). Nota-se que acima de 12 dias de incubação a máquina com ovos maiores teve seu parâmetro temperatura significativamente mais baixo (Lourens et al, 2006).



*Produção de calor por ovo (mW/ovo) em ovos pequenos e ovos grandes. O fato de os embriões de ovos maiores gerarem mais calor a partir do último terço da incubação obriga a adequação da temperatura de set point das máquinas com objetivo de manter constante a temperatura embrionária (Lourens et al, 2006).*

Em outro trabalho similar, Lourens *et al.* (2005) obtiveram os seguintes resultados quando comparou incubações a 37,8°C (100,0°F) *versus* 36,7°C (98,0°F) *versus* 38,9°C (102,0°F):

- Maiores embriões foram incubados a 37,8°C (100,0°F).
- Menor mortalidade na 3ª semana em pintos incubados a 37,8°C (100,0°F).
- A maior eclosão ocorreu nos ovos incubados a 37,8°C (100,0°F).
- A temperatura do ovo no início da incubação influencia o controle da temperatura corporal (termo-regulação) durante a primeira semana pós eclosão.

Outro trabalho de Lourens *et al.* (2005) disponível na literatura investigou os efeitos da incubação utilizando-se temperatura dos ovos constante (normal) *versus* uma simulação do que ocorre em máquinas atuais de estágio múltiplo (baixa no início, normal no período intermediário, alta no final) e os seguintes resultados foram obtidos:

Programa de Temperatura	Peso sem Gema (g)	Comprimento (cm)	% Eclosão	Peso 7 dias (g)	Coração (g)
B N A*	33,8a	18,3a	77,8a	148,0a	0,28a
N N N*	37,9b	19,4b	84,7b	154,6b	0,36b

\* B N A: baixa, normal, alta

N N N: normal, normal, normal

Em trabalho bastante recente Calil *et al.*, 2009 (dados não publicados) encontraram diferenças significativas na formação dos órgãos embrionários de ovos incubados com sistema de controle de temperatura (Estágio Único modular) e ovos incubados com parâmetro de temperatura da máquina fixo (Estágio Múltiplo prateleira). Os resultados mostram diferenças na absorção de gema ao evidenciar menor massa de gema residual. Conseqüentemente, houve aumento da massa cardíaca e intestinal nos pintos nascidos em estágio único modular (temperatura embrionária mantida constante), como mostra a tabela abaixo (valores estágio único em relação a estágio múltiplo):

Gema	%Coração	% Duod + Panc	% Trato Intestinal
90%	109%	109%	104%

Assumindo que a produção de calor metabólico aumenta e que as máquinas tradicionais são projetadas para controlar a temperatura do ar e não do embrião (como se fossem iguais) devemos entender como esses processos de transição de calor embrião-ambiente ocorrem. Por definição, a temperatura do embrião é o resultado de um equilíbrio entre produção de calor (dependente de linhagem, período de incubação, temperatura, tamanho do ovo, entre outros) e transferência do calor produzido (dependente de temperatura, tamanho do ovo, capacidade calórica, spray de bicos atomizadores, velocidade do ar, entre outros).

A produção de calor, como foi vista anteriormente é resultado dos processos metabólicos, e está diretamente ligada à utilização aeróbica/anaeróbica dos componentes da gema, ou seja, quanto maior o peso corporal livre de gema, mais calor acumulado foi produzido e mais calor em tempo real está sendo produzido. Entendendo as formas de transferência de calor, podemos chegar à correta temperatura embrionária (equilíbrio).

Formas de transferência de calor:

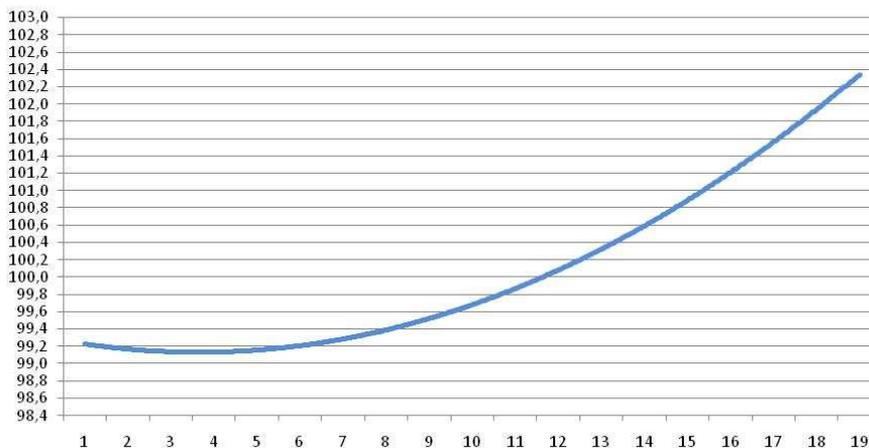
- **Diferença de temperatura:** O calor migra do corpo mais quente (ovo) para o corpo mais frio (ar).
- **Umidade Relativa:** O ar carregado de umidade tem uma capacidade maior de transferência e movimentação de calor.
- **Velocidade do Ar:** O ar, ao passar pelos ovos, carrega o calor contido nos mesmos.
- **Evaporação (spray):** ao evaporar-se a água rouba quantidade significativa de calor (denominado calor latente).

No estudo de Lourens (2006) relatado acima, as diferenças na temperatura embrionária são atribuídas à maior:

- produção de calor propriamente dito (uma vez que ovos maiores têm mais substratos e por consequência, mais geração de calor metabólico).
- Menor eficiência dos ovos em perder calor e atingir o ótimo fisiológico, pois ovos grandes têm menor superfície de contato em relação ao volume (superfície aumenta ao quadrado e volume ao cubo, portanto, as alterações de volume dos ovos não são acompanhadas de alterações proporcionais na superfície).

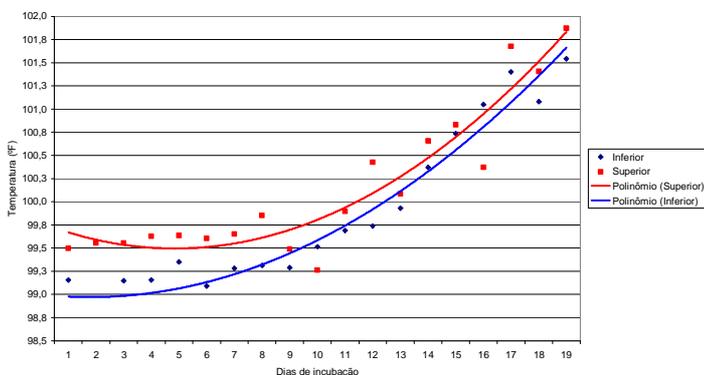
Em um sistema de incubação ineficiente, esses quatro componentes geram microclimas nas incubadoras. A formação de microclimas é um dos piores problemas enfrentados atualmente nos incubatórios tradicionais, pois causa ampla janela de nascimento, desidratação, problemas de metabolismo da gema, má formação de órgãos, entre outros. A seqüência gráfica abaixo evidencia a formação de microclimas através de diferentes temperaturas embrionárias em diferentes posições de incubadoras de estágio múltiplo estratificadas estatisticamente. A estratificação dessas máquinas foi realizada quanto à posição dos ovos de acordo com Altura (Superior, Meio e Inferior), Profundidade (Dianteira e Traseira) e Lateralidade (Corredor e Lateral) em diversos incubatórios brasileiros totalizando uma amostra de 2.557 ovos de três linhagens distintas.

Temperatura embrionária em máquinas estágio múltiplo de acordo com a idade embrionária, 2006

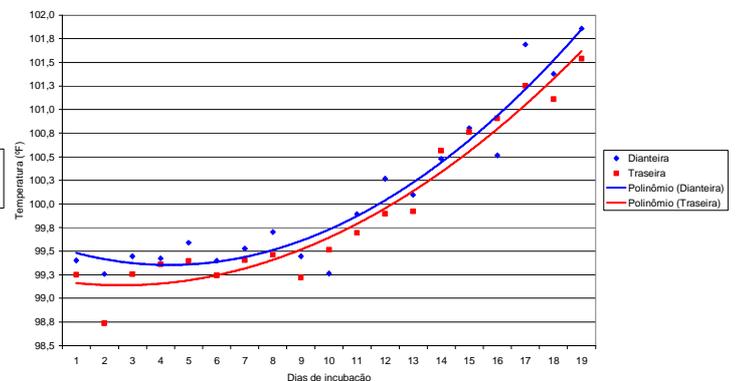


Esses dados reais obtidos pelo Departamento Técnico Hygen Genética Avícola Ltda mostram que a temperatura embrionária realmente está longe de ser adequada às melhores condições de desenvolvimento proposta pela literatura científica. Para agravar a situação, as trocas de calor oriundas de diferentes temperaturas, umidade relativa, velocidade do ar e spray provocam as discrepâncias entre vários pontos da incubadora, conforme os gráficos abaixo demonstram:

Temperatura embrionária em máquinas estágio múltiplo de acordo com os dias de incubação e Altura dos ovos na máquina, Brasil 2006



Temperatura embrionária em máquinas estágio múltiplo de acordo com os dias de incubação e Profundidade dos ovos na máquina, Brasil 2006



Medidas para prevenir esse tipo de comportamento de temperatura devem ser voltadas para elevar a temperatura inicial (pré-aquecimento e umidade, por exemplo) e baixar a temperatura final do desenvolvimento e algumas providências podem ser tomadas, analisando-se caso a caso conforme o tipo de incubadora, sistema de ventilação do incubatório, linhagens utilizadas etc:

- Aumentar temperatura inicial:
  - Realizar correto pré-aquecimento: Este processo deverá elevar a temperatura dos ovos para que a incubação no interior da máquina se inicie com menos perda de calor inicial por parte dos ovos já incubados. Para que funcione adequadamente, deve ser instalado um sistema de ventilação túnel, pois só assim é possível garantir uniformidade e velocidade de ar, bem como suficiente carga térmica, de acordo com o calor específico da carga de ovos, carros e volume de ar disponível. Há um material específico sobre esse tema, deixando claro como executar essa atividade no incubatório.

- Desligar sistema de umidificação: Embora a umidade seja uma importante fonte carreadora de calor, os efeitos negativos da evaporação dos ovos devem ser eliminados quando a geração de calor for insuficiente. É pelo motivo dos bicos de umidade estarem ligados que no início da incubação os ovos tendem a apresentar temperatura inferior á do ar, mesmo após suficiente tempo para equilíbrio térmico.
  - Trabalhar sistema de viragem: Pode-se aumentar a frequência de viragens ou então aumentar o tempo em que cada ciclo de viragem se completa. Esse procedimento auxilia na quebra de micro-climas dentro do ambiente da incubadora e será discutido mais profundamente adiante.
  - Ajuste de umidade relativa: deve-se trabalhar com a menor umidade possível dentro da incubadora (sobretudo momentos após a incubação), desde que a perda não ultrapasse os valores normais, que estão discutidos adiante. Sistemas de umidade por bicos atomizadores provocam maiores microclimas do que discos. Sistemas de umidade por vapor, tanto na incubadora quanto na sala de incubação são os mais eficientes atualmente.
- Abaixar a temperatura final:
- Efetuar ovoscopia: tecnicamente a retirada dos ovos inférteis é uma excelente alternativa, pois permite melhor fluxo e maior velocidade de ar sobre os ovos, diminuindo resistência e massa no interior do equipamento. A idade mínima sugerida para essa atividade é entre 11 e 12 dias de incubação. Operacionalmente, cabe a cada incubador a decisão, pois é uma atividade sabidamente trabalhosa.
  - Trabalhar sistema de viragem: idem anterior
  - Momento ideal de transferência: Para unidades que não usam sistema de inoculação *in ovo*, pode-se antecipar a transferência dos ovos (de 19 para 18 dias), mantendo as condições ideais do embrião (temperatura) no nascedouro, considerando disponibilidade de equipamentos.
  - Trabalhar temperatura da máquina: Uma vez atingidos os objetivos do tópico anterior é possível baixar a temperatura set point das máquinas de estágio múltiplo baseando-se em observações reais e significativas da temperatura embrionária.

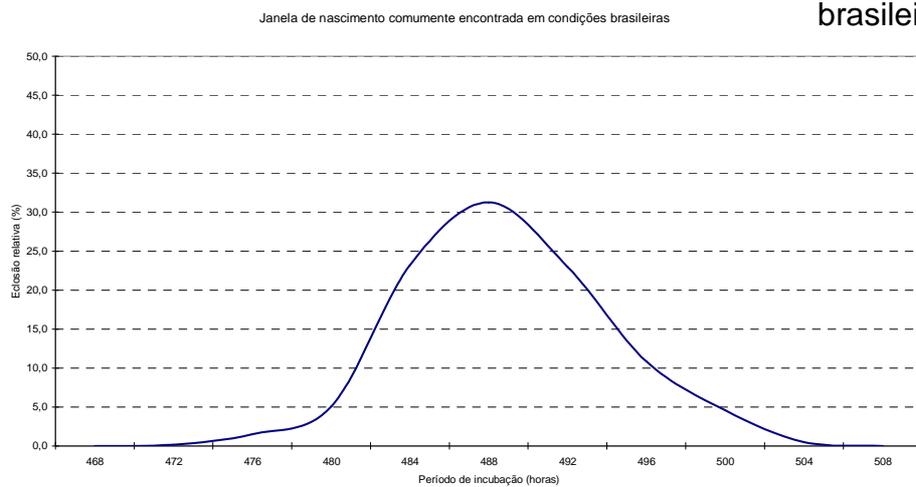
As conseqüências de uma janela de nascimento ampla, causada principalmente por problemas de temperatura são a desidratação do pintinho e todos os outros problemas decorrentes (sujeira, contaminação, má absorção de gema, problemas termorregulatórios, desuniformidade etc). Uma janela de nascimento ideal pode ser considerada aquela com menos de 16 horas. Infelizmente nas condições de estágio múltiplo é praticamente impossível chegar a valores como esse sem nenhuma intervenção no manejo e funcionamento dos equipamentos. Em tais máquinas, os valores comuns encontrados situam-se na faixa de 32 horas, caso nenhum manejo específico seja executado com a finalidade de baixar esse período. Portanto, podemos perceber facilmente que o período obtido entre o nascimento do primeiro pintinho até o último é praticamente o dobro do que se encontra no estágio único.

Para se chegar á esse valor de janela de nascimento, deve-se seguir uma metodologia correta de medição e não somente escolher casualmente algumas bandejas da máquina. Uma medição adequada de janela de nascimento para incubadoras modelo prateleira (walk-trhu/rack) pode ser feita estratificando-se o

equipamento em 12 partes, com 2 repetições de cada parte, para que no nascedouro seja possível estratificar também (pulsador *versus* lateral). O resultado estatístico será um esquema fatorial 3x2x2x2 (Altura incubadora, Profundidade incubadora, Lateralidade incubadora, Lateralidade Nascedouro). Quanto mais bandejas analisadas, teoricamente, melhor seria o resultado, não fosse as dificuldades operacionais que podem ser encontradas durante a medição, que deve ser feita a intervalos de 4 horas.

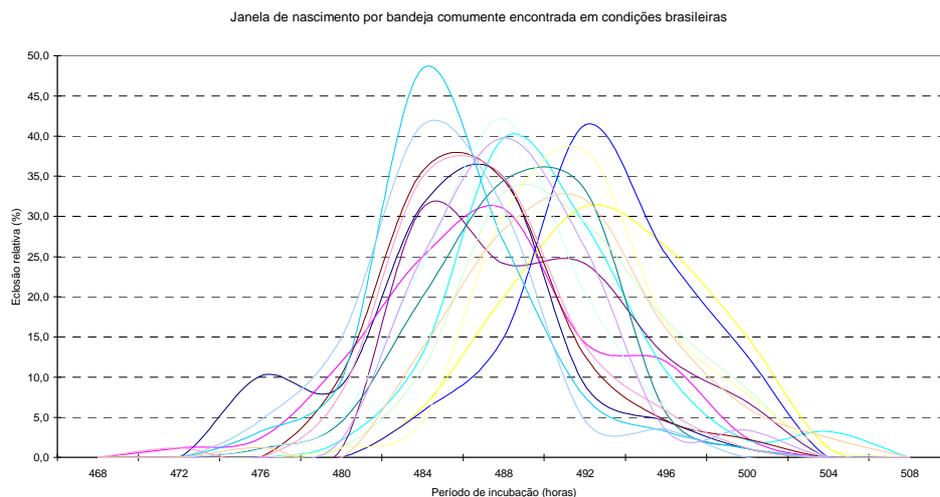
Numa situação ideal, a janela de nascimento poderia ser até menor, mas variáveis intrínsecas existem e não podemos controlá-las, como por exemplo, espessura/condutância da casca dos ovos, uniformidade de tamanho, momento da postura ou estágio inicial de desenvolvimento antes da incubação, idade das reprodutoras, imperfeições nos equipamentos de incubação e ventilação etc.

Abaixo tem-se um gráfico típico de janela de incubação encontrado nas condições



*Acima. Média de valores reais encontrados de 32 horas para a janela de nascimento. O quadro acima é uma janela de nascimento comum, com relativamente boa simetria, iniciando o nascimento com 476 horas e terminando com 504. As medições foram feitas a intervalos de 4 horas a partir do primeiro pinto bicado nas bandejas objeto do estudo.*

*Abaixo. Dados que compuseram os valores acima, ou seja, a curva de nascimento por cada bandeja analisada, após adequada estratificação da incubadora.*



Pode-se notar que a janela média de nascimento é composta de várias janelas de nascimento individuais, conforme o número de bandejas analisadas. Se verificarmos a curva por bandeja, é fácil perceber que a variação por bandeja entre o primeiro e último pinto a nascer não é grande. O que tem impacto na janela média é o momento em que cada bandeja inicia o processo de nascimento, ou seja, o período de incubação

de cada bandeja. E, como é sabido, o período de incubação é influenciado por temperatura, o que nos leva a concluir que as bandejas que adiantam são as bandejas com maior temperatura interna do ovo e as que atrasam estiveram posicionadas em porções da máquina onde a transferência de calor ocorre mais facilmente.

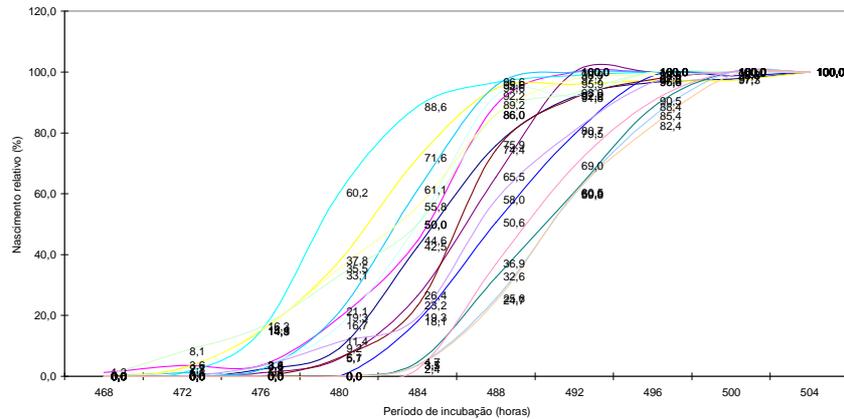
Com medidas simples de manejo esses problemas podem ser significativamente minimizados. Uma vez que, baseado na estratificação das bandejas, é possível rastrear qual porção da máquina adianta e qual porção atrasa, pode-se montar esquemas de incubação, transferência e retirada adequados e sem custo algum com investimentos ou mão de obra. Para qualquer decisão tomada de manejo, deve-se avaliar o benefício, que neste caso é comum (melhora da janela de nascimento), bem como as condições e riscos que cada alternativa impõe.

Seguem algumas alternativas:

- Uma vez identificados os microclimas da máquina, poderemos realizar a transferência dos ovos de duas incubadoras para um nascedouro. Ex. parte superior da máquina 01 transferida juntamente com parte superior da máquina 02 para o nascedouro 01. As partes inferiores das duas máquinas são transferidas para o nascedouro 02, por exemplo. Para que essa metodologia funcione adequadamente, as incubadoras devem ser de mesmo modelo e serem ventiladas da mesma maneira, bem como estarem 100% em dia com as manutenções preventivas. Se isso não ocorrer, o nascimento poderá ser desincronizado. Logicamente, é conveniente que o lote seja o mesmo, ou então de mesma faixa etária e os ovos classificados sob o mesmo critério.
- Uma vez identificados os microclimas da máquina, poderemos realizar a transferência dos ovos para um carrinho de incubação de acordo com o perfil de temperatura e não sempre na vertical, na horizontal ou qualquer outra maneira. Ex. cada carrinho de ovos transferidos representará um microclima específico da incubadora. Utilizando-se essa metodologia a janela de nascimento será minimizada por carinho. Como consequência, o saque dos pintos deverá ser feito de acordo com o nascimento do carrinho, levando a 2 ou mais intervenções no nascedouro, sem que um mesmo carrinho precise voltar ao nascedouro para posterior segundo saque.
- Uma vez identificados os micro-climas da máquina, poderemos realizar a incubação de maneira extratificada e intervalada conforme o período de incubação apresentado pelo micro-clima encontrado. Ex. incubar porção mais quente tantas horas mais tarde quanto for o período de adiantamento dos ovos localizados nessa porção da máquina. Para que essa alternativa seja eficaz é imprescindível que haja um correto pré-aquecimento dos ovos, pois, caso contrário, haverá flutuações de temperatura dos ovos já carregados por 10 vezes durante todo o ciclo (com 3, 7, 10, 14 e 17 dias = cinco vezes x 2 incubações fracionadas). Cada vez que uma fração da carga for incubada, os ovos já em processo de incubação perderão calor caso não haja o correto pré-aquecimento.

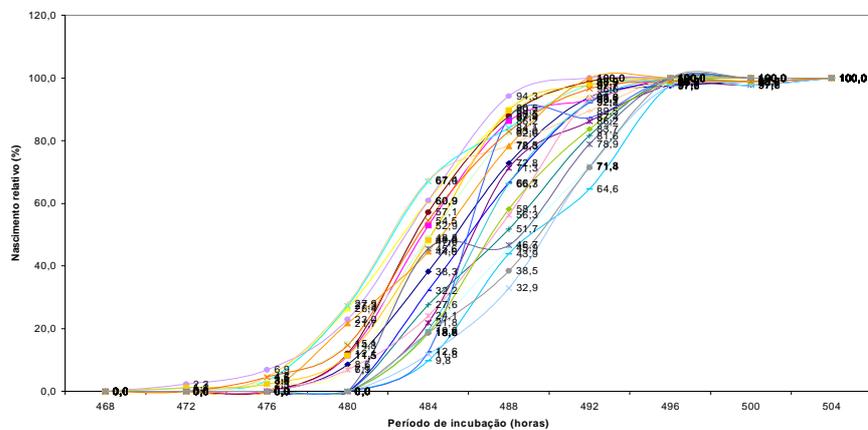
Utilizando-se ferramentas de manejo como essa podemos chegar facilmente á uma redução na janela de nascimento de oito horas, culminando com melhor

hidratação, peso médio, uniformidade, viabilidade e performance das aves. Os gráficos abaixo mostram nascimento relativo acumulado de um mesmo incubatório, mesma máquina e mesmo lote antes e após a adoção de uma das medidas propostas acima:



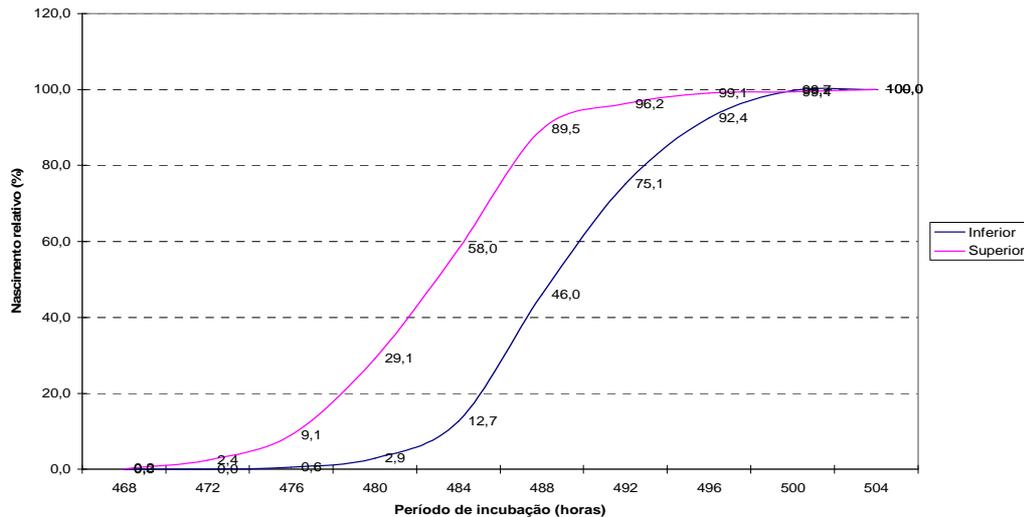
Acima: percebe-se que a variação na janela de nascimento por bandeja é pequena, sendo a ampla janela atribuída ao início de nascimento em cada bandeja, que por sua vez apresenta janela de nascimento média por volta de 16 horas, ao passo que a média da máquina apresenta cerca de 28 horas totais.

Abaixo: Neste exemplo real coletado pela equipe técnica Hygen pode-se perceber que a janela de incubação por bandeja não sofre grandes alterações (permanece na casa de 16 horas), já que não fora realizado nenhum manejo de temperatura/ umidade /ventilação /viragem propriamente dito. O ganho de oito horas na média total do nascedouro foi devido ao remanejamento adequado de bandejas (carrinhos) conforme a conclusão advinda da estratificação da incubadora quanto á temperatura embrionária e nascimento propriamente dito.



É possível observar que a janela de nascimento tem correlação direta com a temperatura embrionária (vide gráfico estratificado de temperatura embrionária) e as maiores discrepâncias entre as diferentes porções das incubadoras ocorrem no primeiro terço de incubação.

O gráfico de janela de nascimento abaixo, obtido da mesma máquina dos exemplos acima comprova tal correlação.



Acima. Comparando-se com o gráfico de temperatura embrionária nota-se a direta correlação entre as diferenças de temperatura nos micro climas da incubadora com o perfil da janela de nascimento por posição na incubadora. Os dados indicam uma grande possibilidade da diferença na janela de nascimento ser causada principalmente pelos primeiros dias de incubação, haja vista que apresentam as maiores diferenças durante todo o período de incubação.

## Viragem

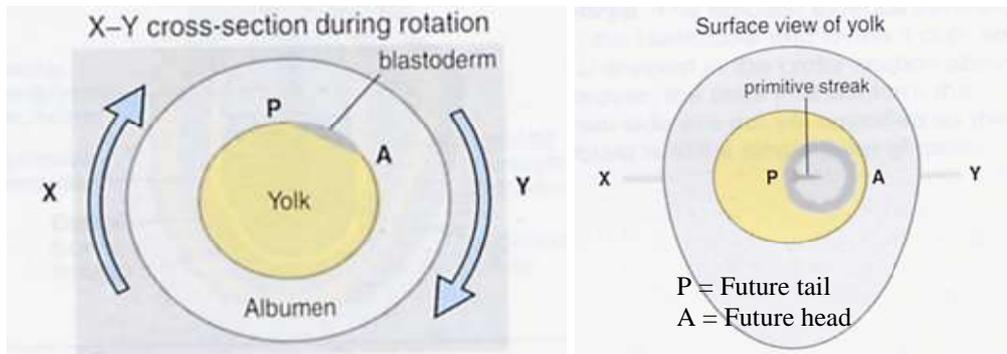
A viragem dos ovos se inicia ainda no oviduto da ave, quando o mesmo perfaz um movimento de rotação em torno de seu eixo maior e menor. Durante essa descida pelo oviduto se inicia o que os embriologistas definem de desenvolvimento embrionário espacial-temporal (Boerjan, 2006), o que será fator crítico para a diferenciação celular no momento da incubação.

A viragem auxilia na transição de uma estrutura bi-dimensional para tri-dimensional (que ocorrerá até o 3º dia), o que é uma característica típica da diferenciação celular.

No momento em que ainda não houve sequer diferenciação celular, as células estão aglomeradas entre si e alguns eventos são necessários para puxar o gatilho da diferenciação celular ordenada. Se um aglomerado de células tem formato relativamente redondo (blastoderme), é necessário haver uma definição mediada por algum fator bioquímico haja vista que do ponto de vista genético todas as células ainda são iguais e, portanto, não há como definir por “onde começar”. A viragem tem papel importante também nessa determinação. Se as células têm formato arredondado, onde será a cabeça e a cauda do embrião? O processo de viragem auxilia a formar um gradiente de pH entre duas extremidades do embrião “redondo” e a partir daí uma série de outras ocorrências tomam lugar. Um exemplo disso é a concentração de ácido retinóico, um precursor da vitamina A. Após o início do desenvolvimento embrionário espacial-temporal há um gradiente de concentração desse composto sendo que no pólo onde há maior quantidade será estabelecido o sistema nervoso, bem como o sistema circulatório intra-embriônico inicial, responsável pela distribuição de nutrientes para as células em já acelerado processo de diferenciação. Isso exemplifica casos de deficiência de vitamina A apresentarem problemas de mortalidade precoce antes da formação de anel de sangue ou então deficiências circulatórias, caso o embrião sobreviva até cerca de 3 dias. Outras deficiências vitamínicas também têm seus

reflexos influenciados pela viragem inicial, como por exemplo duplicações e má-formações de órgãos devido á desordenada diferenciação celular.

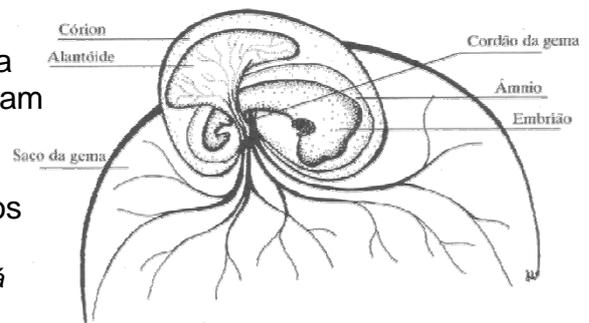
Assim, o princípio espacial-temporal do desenvolvimento embrionário é auxiliado pelo processo de viragem no oviduto e nos primeiros momentos de incubação. Em resumo, sabemos que em momentos específicos (temporal) do desenvolvimento, um grupo de células deve ser arranjado de uma maneira também específica (espacial), segundo Boerjan, 2006b para que a diferenciação ocorra perfeitamente.



Esquema das rotações auxiliadas pelo processo de viragem que culminarão com a correta diferenciação celular (Boerjan, 2006b)

A viragem dos ovos também auxilia na formação/preservação dos anexos embrionários após iniciados os processos de diferenciação celular. Os anexos embrionários são: Cório, Alantóide, Âmnio, Vitelo (gema). Uma vez que os anexos embrionários estejam completamente em formação, o processo de viragem também auxilia a evitar aderência dos embriões à casca e facilita o fluxo dos fluidos embrionários.

*Exemplo dos anexos embrionários já formados em embrião de galinha.*



Nos momentos iniciais de incubação a movimentação de gema e albúmen provocada pela viragem também auxilia na difusão de gases ( $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ ) e alterações de pH, o que contribui para a liquefação do albúmen, facilitando as reações químicas do embrião nessa fase inicial, em que não há fácil disponibilidade circulatória suficiente para correta distribuição de nutrientes. Por isso alguns autores pesquisam a freqüência de viragem como fator de manejo para auxiliar no desenvolvimento embrionário. Wilson (1990) encontrou que uma freqüência de 96 vezes, ou seja, a cada 15 minutos, promove melhor desenvolvimento embrionário e eclosão. A viragem a cada 15 minutos, embora comprovada tecnicamente eficiente, acarreta dificuldades operacionais e maiores custos de manutenção de equipamentos (corredeiras, motorreductores, sistemas pneumáticos etc) por isso não é comumente utilizada.

Como a viragem do ponto de vista morfológico se faz necessária até que os anexos estejam formados e operantes, é comum dizer que a partir de determinada idade não se faz necessário o seu uso (cerca de 13 a 15 dias). Isso é um fato, mas não significa que por ser possível sua parada, devemos realizá-la, sobretudo em equipamentos estágio múltiplo cuja viragem ocorre contra o fluxo de ar. Atualmente,

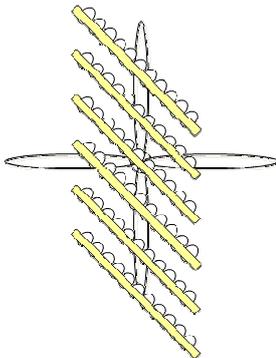
sabemos da vital importância da viragem nos processos de ventilação, principalmente de incubadoras com design obsoleto.

Van Brecht & Berckmans (2006) conseguiram demonstrar claramente a importância do sentido da corrente de ar sobre os ovos e seus efeitos na capacidade termo-reguladora da carga mais velha. Neste trabalho, ficou constatado que o fluxo de ar tem melhores resultados quanto mais próximos de um impacto paralelo ao eixo maior do ovo. Ou seja, ovos em posição horizontal recebem fluxo de ar perpendicular ao eixo maior do ovo ao passo que ovos em posição de viragem (45°) recebem maior quantidade de ar em posição paralela ao eixo maior. Com esse raciocínio podemos concluir que o processo de viragem não deve ser paralisado nos equipamentos estágio múltiplo de carros e, se possível operacionalmente, deve ter a frequência aumentada. Para os casos em que haja receio de elevação nos custos decorrente do aumento da frequência, pode-se aumentar o intervalo da própria viragem e não o intervalo entre viragens. Ou seja, se um ciclo de viragem leva 1 minuto para se completar, pode-se facilmente através de troca de polias e/ou motorreductores elevar esse tempo. Outra justificativa para esse tipo de manejo de viragem é que sempre que há movimentação dos ovos há quebra de possíveis microclimas mal ventilados ao redor dos mesmos. Com isso promove-se maior renovação de ar e conseqüente maior oferta de O<sub>2</sub> e menor temperatura.

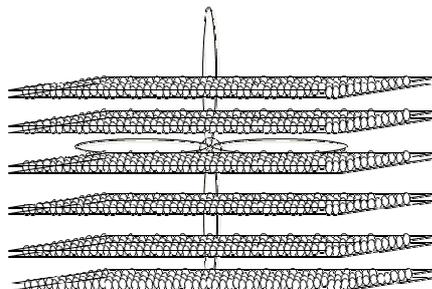


A e B. Fluxo de ar cientificamente comprovado por Van Brecht & Berckmans (2006). Da esquerda para a direita tem-se a capacidade termorregulatória do ar diminuída em função do fluxo de ar sobre os ovos nos sistemas de incubação estágio múltiplo. Para sistemas estágio único a ventilação deve ocorrer de forma que não seja impedida de chegar aos ovos mais distantes com as mesmas condições de volume e qualidade do ar. Isso ocorre somente em sistemas cuja viragem se dá em favor do fluxo de ar, conforme desenho abaixo:

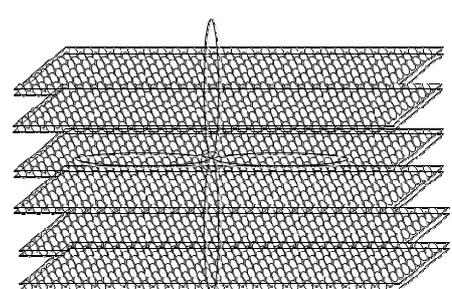
A favor do fluxo de ar durante processo de viragem



Contra o fluxo de ar em posição horizontal

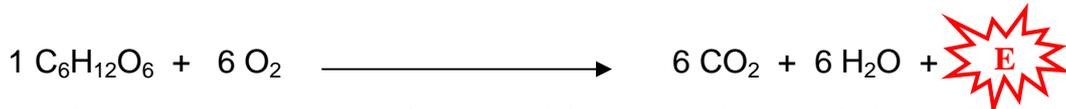


Contra o fluxo de ar durante processo de viragem



## Umidade

Com o entendimento dos processos metabólicos embrionários, a correta perda de umidade tem sido discutida entre técnicos e pesquisadores e os conceitos estão (mais uma vez) intimamente relacionados á equação da transformação de substrato em energia (ilustrada, mais uma vez, abaixo):



*Ex: Quebra de Glicose, que reage com 6 moléculas de oxigênio, resultando e 6 moléculas de gás carbônico + 6 moléculas de água + a energia na forma de 38 ATP's (em condição de aerobiose) + calor*

Essa equação serviria para explicar em linhas gerais todo o desenvolvimento embrionário. A algumas páginas atrás discorreremos sobre a produção de calor e os processos para equilíbrio térmico do embrião, visando o melhor aproveitamento dos substratos presentes no ovo, beneficiando o embrião, o que não será diferente nesse tópico.

Sobre a perspectiva da perda de umidade duas questões surgem:

1. Porque o ovo perde umidade?
2. Porque o ovo precisa perder umidade?

De acordo com French (2006) o ovo de galinha apresenta os seguintes dados:

Espessura (mm)	Número médio de poros (por cm <sup>2</sup> )	Diâmetro Médio (mm)
0,30	154	0,017

Alguns outros dados da literatura citam valores muito próximos aos citados acima, como por exemplo, Nascimento e Salle (2003), cuja publicação informa entre e 6 e 23µm de diâmetro dos poros e espessura de casca entre 241 e 371.µm

Desprezando-se as variações dos poros ao longo do ovo (pólo fino versus pólo largo, versus equador) relatadas por DePonti (2001) em aves de linhagem leve, podemos aplicar os conceitos de Narushin (2005) que descreveu a superfície do ovo igual a  $((3.155 - 0.0136L + 0.0115B)LB)$ , onde L é igual ao comprimento e B igual a largura do ovo. Então, adotando o valor médio mais conservador (Nascimento e Salle > diâmetro médio =  $[6+23]/2 = 14,5 \mu\text{m}$ ), chegamos a conclusão que para um ovo de tamanho normal (55mm x 40 mm, cujo índice de forma seja ideal = 72,7)) a área total será de ~72cm<sup>2</sup>. Mas, assumindo esses valores, conclui-se que o ovo apresenta poros com superfície média de  $2,543 \times 10^{-4} \text{mm}^2$ . Como o ovo tem aproximadamente 72cm<sup>2</sup> de superfície total, ele tem  $72 \times 154 \sim 10.050$  poros, valor também muito próximo ao que é encontrado em outros artigos, como de Nascimento & Salle (2003).

Dessa forma, todo o “espaço aberto” (a soma de todos os poros) do ovo pode ser considerado  $10.050 \times 2,543 \times 10^{-4} \text{mm}^2 = 2,8 \text{mm}^2$  !

Mesmo sabendo que ovo possui duas membranas fibrosas aderidas intimamente á casca (exceto na câmara de ar, onde apenas a membrana externa o faz) podemos considerar o valor acima como espaço livre para água, já que a permeabilidade para



sofreram tanto diferencial de pressão. Neste caso, a maior perda pode ser atribuída a variabilidades na condutância da casca, ora favorecendo (casca fina, muitos poros, poros largos), ora prejudicando a correta perda (casca espessa, poucos poros, poros estreitos).

Como vimos no início deste tópico (e nos anteriores também), um dos resultados do processo metabólico da obtenção energia celular para o embrião é água. Dessa forma, agora sabemos que o embrião precisa perder água simplesmente porque ele a produz e essa produção é realizada numa escala muito maior do que ele poderia armazenar no momento da transição da respiração cório-alantoideana para pulmonar. Portanto, o embrião precisa perder parcialmente essa água produzida a ponto de viabilizar sua transição respiratória. Sob a perspectiva da respiração pulmonar, quanto mais água for perdida, maior a câmara de ar no final da incubação e maior aporte de oxigênio estará disponível para insuflar os pulmões após ação dos surfactantes e toda a descarga hormonal que desencadeia esse fenômeno. Paradoxalmente, sob a perspectiva da volemia embrionária, a perda da água metabólica não pode ser tão elevada.

A quantidade de perda ideal é simples de qualificar, mas difícil de quantificar.

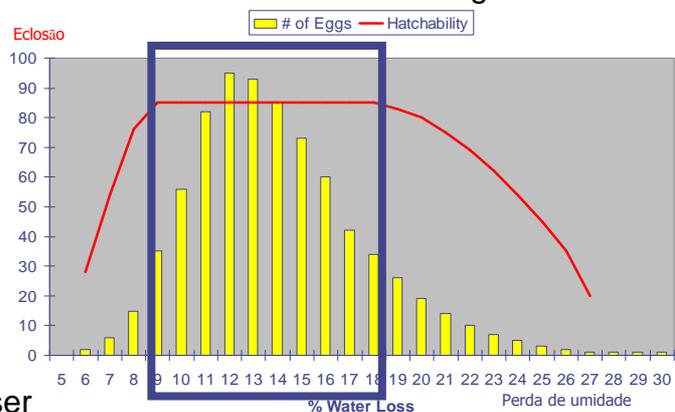
O embrião de um ovo inicialmente com 65g produz aproximadamente 15g de H<sub>2</sub>O, o que representa 23% do seu peso inicial. A perda de umidade é sempre inferior a esse valor (em boas condições de incubação), pois uma parcela dessa água deve permanecer no interstício e no citoplasma celular, funcionando como fluido essencial para a biologia celular (transporte, mitoses, hidratação etc). Portanto: Perda de umidade Total = Produção – Acréscimo intersticial, volêmico e citoplasmático.

A afirmação de que a perda de umidade não pode ser linear é cientificamente coerente. Dizemos que a perda de água não pode ser linear porque sua produção não o é. No início do desenvolvimento, a massa embrionária é desprezível, crescendo exponencialmente após o primeiro terço e, como a produção é resultado dos processos metabólicos, podemos afirmar que quanto maior o embrião, mais água metabólica é produzida. Isso significa que, alometricamente, o embrião perde muita água no início do processo e pouca água no final do período de incubação em equipamentos estágio múltiplo. Isso não pode ocorrer. Já nas incubações de estágio único a umidade relativa no interior da máquina pode ser ajustada através da temperatura de bulbo úmido para proporcionar um ambiente mais úmido no início da incubação, diminuindo o gradiente ovo-ambiente externo. Isso faz com que a perda não seja linear e acompanhe a curva polinomial do crescimento embrionário.

Uma perda de umidade demasiadamente elevada ou baixa compromete pouco a eclosão, muito a qualidade e demasiadamente a viabilidade dos pintos sobreviventes.

French (2006) demonstrou essa afirmativa claramente através do gráfico abaixo:

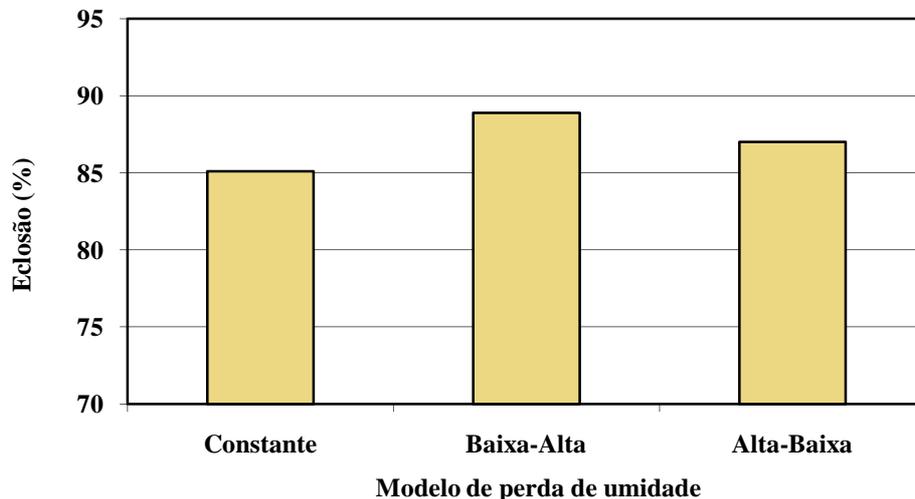
Figura: Pode se perceber que a eclosão tolera uma grande variação em perda de umidade total. Neste exemplo, a eclosão não é comprometida quando a perda varia de 9 a 18% (o que ocorre individualmente nos ovos de uma mesma bandeja). Quando há comprometimento de eclosão, este é mais acentuado para os casos de baixa perda de umidade do que elevada.



De acordo com Meir & Ar, citado por French (2006) a eclosão pode ser otimizada trabalhando-se perda de umidade. Entretanto esse trabalho tem de ser

conduzido visando o momento da perda de umidade de acordo com a necessidade fisiológica e não se baseando no total de umidade perdida.

Em incubadoras de estágio único experimentos foram realizados com dois manejos distintos de temperatura de bulbo úmido *versus* o manejo tradicional (bulbo úmido constante). Ou seja, criaram-se três tratamentos em que a perda de umidade foi dividida em duas etapas: constante-constante (modelo linear, padrão estágio múltiplo) *versus* baixa perda-alta perda *versus* alta perda-baixa perda.



*Figura: French (2006) demonstrou que o manejo de perda de umidade é mais importante do que o seu valor em si para promover resultados de eclosão. Ajustando-se a perda de umidade para valores mais baixos no início da incubação e mais altos no final do período foi possível obter ganhos de eclosão da ordem de 4% nos experimentos conduzidos.*

## Ventilação

O parâmetro físico ventilação é um dos mais discutidos atualmente e, ironicamente, um dos menos compreendidos na incubação. Associa-se frequentemente a ventilação ao suprimento de  $O_2$  e conseqüente remoção de  $CO_2$ , já que a demanda embrionária de hoje em dia realmente é maior do que algumas décadas atrás. Há um capítulo específico sobre esse tema no material do curso.

Existem outras funções além do suprimento de oxigênio para os embriões?

Pensemos inicialmente no consumo de oxigênio do embrião. A demanda de ar fresco para suprir a necessidade de oxigênio de um embrião de galinha é cerca de  $0,07m^3/h/kg$  de embrião. Consideremos então uma incubadora estágio múltiplo com 100.000 ovos (para arredondarmos as contas) com embriões viáveis. Neste tipo de máquina em um dado momento existem embriões a ponto de transferência e também embriões recém incubados, cuja massa é desprezível. Para um fluxo normal de 2 incubações semanais poderemos considerar que a idade média máxima não ultrapassa 15 dias, adotando ampla margem de segurança. Com essa idade o embrião pesa em torno de 20 gramas, também com ampla margem de segurança. Assim, a massa total será  $0,020 * 100.000 = 2.000kg$ . Para essa massa de ovos, a quantidade de ar fresco necessária é somente  $140m^3h$ .

Entretanto, numa incubadora hipotética como essa, encontraríamos facilmente valores acima de  $1800m^3/h$  como demanda nominal. Isso nos faz concluir que existem outras funções da ventilação que não o suprimento de  $O_2$ , o qual é um dos mais fáceis de atingir. Pensando somente na oferta de  $O_2$  (desconsiderado aspectos bio-sanitários) o ar que entra nas incubadoras poderia ser reciclado inúmeras vezes (misturado com

ar fresco para se atingir a temperatura ao redor de 25°C), trazendo benefícios ao embrião (ar já climatizado) e tranqüilizando o funcionamento da máquina (deixando-a menos “nervosa”). Para constatar essa afirmativa, basta entrar em um incubatório munido de um medidor de CO<sub>2</sub> (que é mais barato que o de O<sub>2</sub>) e encontrar valores próximos a 600ppm na entrada e menores que 2.000ppm na saída. Ou seja, mesmo após passar pela máquina ainda há demasiada oferta de O<sub>2</sub>, visto que a concentração de CO<sub>2</sub> pode ser considerada inversamente proporcional a de O<sub>2</sub>, pois nenhum outro gás foi adicionado ou removido no interior da máquina, exceto esses em questão (salvo gases oriundos de contaminação de ovos-bomba). Portanto, podemos dizer que é improvável que existam problemas de incubação com oferta de oxigênio como causa primária.

No tópico anterior verificamos que a perda de umidade em equipamentos de estágio único apresenta curva linear e, por isso, um ovo que apresenta 12% de perda total em 19 dias podemos considerar que apresentará cerca de  $12\%/19 = 0,63\%$  de perda diária. Transformando esse valor na mesma unidade em que se trabalha ventilação, verificaremos que 100.000 ovos perderão  $0,63\%/24 = 0,0263\%$  por hora.

Ao considerarmos 65g como peso médio inicial dos ovos, teremos  $0,065 \times 100.000 = 6.500\text{kg}$  de ovos. Então, esses ovos lançam no ambiente da máquina  $0,0263\% \times 6.500 = 1,7$  litros de água por hora!

Portanto, já sabemos mais uma função primordial da ventilação: remoção de vapor d'água do interior da máquina.

Quando a ventilação da máquina atua (100% do tempo) devemos sempre nos lembrar que o ar insuflado na mesma também carrega certo teor de umidade para seu interior. Dificilmente essa umidade é suficiente, ou seja, na maioria dos casos a umidade relativa carregada para o interior do gabinete é insuficiente. Por exemplo, se o ar da sala de incubação estiver a 25°C e 55% de umidade relativa e nosso objetivo for manter a mesma umidade relativa no interior da máquina, mas com temperatura bulbo seco de 37,5°C faltará água para atingirmos nosso objetivo. Isso ocorre porque a capacidade de o ar reter água a 37,5°C é significativamente superior.

Para realizarmos os corretos cálculos, devemos lançar mão do uso de uma tabela psicrométrica e, para trabalhos em incubatórios, sempre recomendamos o Diagrama de Mollier (Carta Psicrométrica).

Para termos umidade relativa de 55% a 25°C o ar precisa conter 11g de água por kg (linha vermelha no diagrama abaixo). Mantendo-se a mesma umidade relativa, mas elevando-se a temperatura para 37,5°C a necessidade de água passa para 22g por kg, ou seja, o dobro de umidade absoluta (linha verde no diagrama abaixo). Por isso, a máquina identifica uma real necessidade de umidade relativa e os bicos spray entram em ação. Como os bicos injetam água no interior da máquina e a ventilação remove, inicia-se um círculo vicioso sem fim e é por esse motivo que as máquinas estágio múltiplo trabalham na maior parte do tempo com mais de um sistema ligado (ventilação, umidade, aquecimento).

O mesmo fenômeno ocorre quando a máquina utiliza água para resfriar. Realmente o processo de evaporação da água consome muita energia. Um litro de água perde cerca de 540.000 calorias ou 2.260kJ (da mesma forma como para adiabáticos evaporativos de incubatórios e pad coolings de aviários), que é suficiente para baixar a temperatura de quase 10.000 ovos em 1°C. Entretanto essa energia desprendida para evaporação de água ocorre de maneira desuniforme no interior da máquina, fazendo com que o sensor da mesma tenha uma leitura errônea do equipamento, gerando um círculo vicioso praticamente sem fim.

## Diagrama de Mollier

A última função (mais não menos importante) relevante do sistema de ventilação para o desenvolvimento embrionário é o controle de temperatura. A velocidade do ar funciona como potente agente removedor de calor e a importância desse parâmetro reside no conceito utilizado na equação de transformação de substrato em energia (vista, pela última vez, abaixo).

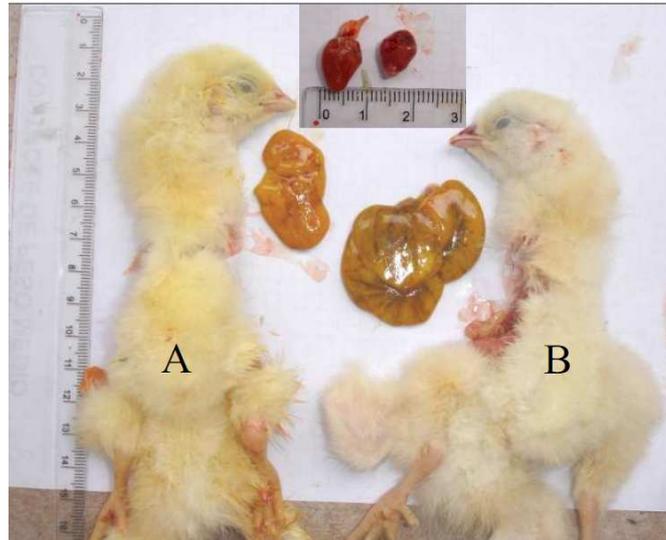


O ótimo fisiológico do desenvolvimento embrionário é definido em função do metabolismo celular e da capacidade do embrião em captar  $\text{O}_2$  e se ver livre de água e  $\text{CO}_2$ . Entretanto a capacidade de captar  $\text{O}_2$  é limitada pela casca do ovo. Dessa forma, chega um ponto em que, por mais que haja oferta desse importante substrato, não haverá utilização. E isso ocorre em casos de elevada temperatura embrionária, pois é ela quem dirige o ritmo de desenvolvimento. Ou seja, quanto mais temperatura, mais rápido será o desenvolvimento embrionário e, conseqüentemente, maior a demanda de  $\text{O}_2$ . A função da ventilação como agente regulador de temperatura é justamente não permitir que a necessidade de aporte de oxigênio seja maior do que a capacidade do embrião em poder utilizá-lo.

Quando a ventilação não remove suficientemente o calor gerado o embrião tem duas alternativas: Ou ele morre, ou então continua sua trajetória utilizando substratos na ausência de oxigênio para divisões e maturações celulares, pois as fontes de hidratos de carbono se esgotam com mais facilidade, visto que são de queima rápida. A partir desse momento as reações químicas passam para o sistema anaeróbico, que tem como saldo uma quantidade significativamente menor de energia (Drummond, 2005), produz calor suficientemente e gera catabólitos indesejáveis como por exemplo, ácido láctico, conhecidamente responsável por causar dores musculares. Mesmo deixando de queimar carboidratos e passando a utilizar anaerobicamente ácidos graxos contidos na gema haverá uma segunda encruzilhada na vida embrionária dessa ave. Isso porque as gorduras quando são degradadas apresentam compostos intermediários, como o oxalo-acetato, que requerem carboidratos e oxigênio para serem quebrados eficientemente. Neste momento o embrião está diante de mais um dilema: Ou ele morre (isso ocorre por volta de 17-18 dias) ou então busca fontes alternativas de carboidratos que, na maioria das vezes, são encontradas sobre a forma de glicogênio armazenados no fígado (a partir do 6º dia de incubação).

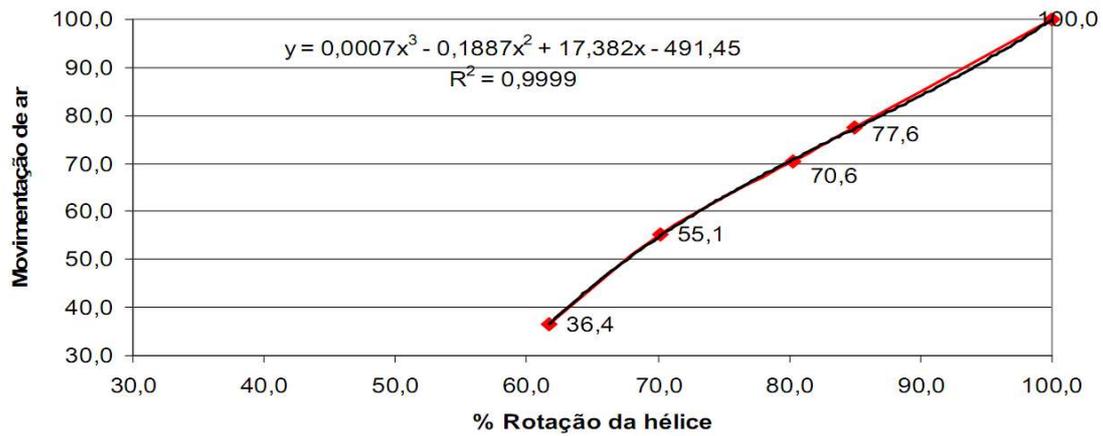
Com a utilização do glicogênio hepático o embrião ganha uma sobrevivência, mas no momento da bicagem externa e rotação no interior do ovo para saída da casca haverá a necessidade desse glicogênio armazenado por tanto tempo (energia de pronta utilização) e, neste momento, mesmo havendo oxigênio (comburente) por respiração pulmonar, não haverá substrato (combustível). Não havendo disponibilidade de glicogênio hepático o embrião passa a buscar fontes gliconeogênicas e começa a queimar proteína para obtenção de energia, da mesma maneira como fazem atletas de maratona quando atingem condições de hipertermia severa. Neste caso a fonte proteica utilizada é muscular e o embrião então começa a degradar mio-proteínas encontradas no coração, comprometendo sua função metabólica e fazendo com que o mesmo seja diminuído (literalmente consumido). Assim, atualmente encontramos com

muita frequência embriões mortos que estão morfologicamente prontos para nascer, mas histologicamente comprometidos, com cabeça acima da asa numa tentativa de buscar oxigênio mais rapidamente para acelerar a queima de gorduras e sair da casca (esses indivíduos quando nascem apresentam lesões no bico e nas articulações dos membros posteriores). Ou então pintos que saíram da casca apresentando penugem brancacenta, grande resíduo de gema e que, no alojamento, se apresentam apáticos, asa caída, bico próximo ao piso e imóveis, sinais clínicos de qualquer indivíduo com dor (acúmulo de ácido lático), e, também, que á necropsia apresentam coração evidentemente menor.



*A direita: Pintos de mesmo lote e peso de ovo muito semelhantes incubados com temperaturas diferentes. Em A, o sistema de incubação foi controlado por temperatura embrionária e em B a incubação realizada foi estágio múltiplo em local da máquina eleito especificamente para esse fim (temperatura mais alta no último terço da incubação). Pelas imagens nota-se evidente diferença de tamanho dos pintos, coloração da penugem, resíduo de gema e tamanho do coração. As aves vivas apresentavam diferenças claras de vivacidade, estado de alerta e atividade física (movimentação voluntária).*

Alterar o padrão de funcionamento das incubadoras para prevenir essa ocorrência é um tanto quanto complicado, restando aos incubadores o controle do correto fluxo de ar no interior do incubatório através do adequado controle de pressão, que deve ser sempre positiva nas salas de incubação (sugestão 0,020 pol coluna d'água) e nascimento (sugestão 0,005 pol coluna d'água) em relação ao ambiente externo e ambiente imediatamente anterior no processo. Outro ponto muito importante é assegurar valores nominais de ventilação através da correta manutenção preventiva dos equipamentos como, por exemplo, correias, polias, motores etc. Uma ferramenta indispensável no controle da adequada ventilação da incubadora é o tacômetro, que nos auxilia a medir a rotação das hélices, uma vez que a capacidade de movimentação de ar apresenta um comportamento polinomial em relação ao número de rotações por minuto. Isso significa, por exemplo, que uma redução na rotação da hélice é acompanhada por uma redução 40% maior na capacidade de movimentação de ar, por exemplo: se um equipamento tem uma A B rotação 20% abaixo da nominal, o volume de ar movimentado sofrerá uma redução de 28% (University of Illinois, 2005).



Acima: De acordo com os Laboratórios Bess (University of Illinois, 2005) a capacidade de movimentação do ar é reduzida polinomialmente em função da menor rotação das hélices. No exemplo, podemos perceber que numa mesma pressão (0,05 polegadas de coluna d'água) quando a rotação das hélices sofre queda de 15%, a movimentação de ar responde em 23% aumentando as diferenças conforme a rotação diminui, chegando a impressionante relação de 60% na rotação para 36% na capacidade.

## Referências bibliográficas

A. Lourens, R. Molenaar, H. van den Brand, M. J. W. Heetkamp, R. Meijerhof, and B. Kemp. **Effect of Egg Size on Heat Production and the Transition of Energy from Egg to Hatchling**. 2006. *Poultry Science*, 85:770-776.

Boerjan, M. APINCO 2006 – falta colocar dados corretos da referência, 2006a

Boerjan, M. **Early Embryogenesis of the chick**. In: Post Graduation Course in Incubation Biology and Management. University of Wageningen, Holland, 2006b.

Decuyper, E. Michels, H. **Incubations temperature as a management tool: a review**. *World's Poultry Science Journal*, vol 48, pg 29-38, 1992.

Avakian, A. **In ovo Site and Route**. In: I Seminario Internacional Tecnología In Ovo - Peru 2005.

Decuyper *et al.* In **"Avian Incubation"**, Butterworth & Co, Poultry Science Series 1990.

Wilson, H. R. **Physiological requirements of the developing embryo: temperature and turning**. In: Tullet, S. G. (ed) *Avian Incubation*, London: Butterworths, pg 145-156, 1990.

Berckmans, D. Van Brecht, A. **Improving uniformity of physical factors in incubators and hatchers**. International Post Graduation Course In: *Incubation Biology and management*, University of Wageningen, Holland, 2006.

Meijerhof, R. **Pre-incubation holding of hatching eggs**. *World Poultry Science Journal*, V. 48, pg 57-60, 1992.

Meijerhof, R. **Embryo Temperature versus Air temperature**. In: *Hydro technical bulletins*, 2001.

Lourens, A., H. van den Brand, R. Meijerhof, and B. Kemp. **Effect of eggshell temperature during incubation on embryo development, hatchability and post-hatch development, hatchability and post-hatch development**. *Poult. Sci.* 84:914–920, 2005.

Meijerhof, R. **Incubation Principles**, In: *Congresso Latinoamericano de Avicultura – Panama*, 2005.

Paganelli, C.V. Olszowka, A. Ar. **The Avian Egg: Surface Area, Volume, and Density**. *The Condor*, Vol. 76, No. 3 (Autumn, 1974), pp. 319-325.

Narushin, V. G.. **Egg Geometry Calculation Using the Measurements of Length and Breadth**, *Poultry Science* 84:482-484, 2005.

Nascimento, V.P; Salle, C. T. P. **O ovo**. In: *Manejo da Incubação*, FACTA, pg 34-50, 2003.

Scala Jr., N. Ia. **Aspectos físicos da incubação.** In: Manejo da Incubação. FACTA, pg 97-124, 2003.

French, N. **Heat and Water balance during incubation.** In: Post Graduation Course in Incubation Biology and Management. University of Wageningen, Holland, 2006.

Hybro B.V. **From Egg to Chicken,** Hybro publication, 2007.

Meijerhof, R. **Physical parameters in incubation.** In: Hybro Hatch College, Penn State University, 2007.

Drummond, C. D. **Biologia Celular.** In: Textos acadêmicos – Pós graduação em morfofisiologia animal, UFLA/FAEPE, pg 62-72, 2005: