



Cristiano Luiz Zerbielli

**AVALIAÇÃO DA LUMINOSIDADE NAS INSTALAÇÕES DE BOVINOS  
LEITEIROS: ATUAL SITUAÇÃO E PROJEÇÃO DE OPORTUNIDADE PARA  
MANEJO DE FOTOPERÍODO**

Dissertação do Curso de Mestrado

Cruz Alta – RS, 2014

UNIVERSIDADE DE CRUZ ALTA  
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO PESQUISA E EXTENSÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM DESENVOLVIMENTO RURAL

Cristiano Luiz Zerbielli

**AVALIAÇÃO DA LUMINOSIDADE NAS INSTALAÇÕES DE BOVINOS  
LEITEIROS: ATUAL SITUAÇÃO E PROJEÇÃO DE OPORTUNIDADE PARA  
MANEJO DE FOTOPERÍODO**

Dissertação de Mestrado apresentada  
ao Curso de Mestrado Profissional em  
Desenvolvimento Rural da  
Universidade de Cruz Alta, como  
requisito parcial para a obtenção do  
Título de Mestre em  
Desenvolvimento Rural

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Med. Vet. Dr. Lucas Carvalho Siqueira

Cruz Alta – RS, 14 de Outubro de 2014

UNIVERSIDADE DE CRUZ ALTA  
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO PESQUISA E EXTENSÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM DESENVOLVIMENTO RURAL

**AVALIAÇÃO DA LUMINOSIDADE NAS INSTALAÇÕES DE BOVINOS  
LEITEIROS: ATUAL SITUAÇÃO E PROJEÇÃO DE OPORTUNIDADE PARA  
MANEJO DE FOTOPERÍODO**

Elaborado por  
Cristiano Luiz Zerbielli

Como requisito parcial para obtenção do Mestre  
em Desenvolvimento Rural

Comissão Examinadora:

Profº Dr. Lucas Carvalho Siqueira \_\_\_\_\_ UNICRUZ  
Profº Dr. Jorge Damián Stumpfs Diaz \_\_\_\_\_ UNICRUZ  
Profº Dr. Gilmar Roberto Meinerz \_\_\_\_\_ UFFS

Cruz Alta, 14 de outubro de 2014

"Investir em conhecimentos rende sempre melhores juros."  
Benjamin Franklin

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tornar tudo realidade e abençoar de forma contante todos os passos de nossas vidas.

A minha família, que não mediu esforços para transmitir todos os ensinamentos e condições necessárias para uma vida digna, guiada por educação e muita humildade.

Ao meu Pai, que comemora junto a mim um eterno sonho seu, me ensinando que tudo é possível quando se deseja algo bom. Portanto Pai, saiba que esta vitória também é sua!

A minha Mãe, que tanto batalhou para tornar este sonho realidade, manteve sempre suas palavras com bastante sabedoria e me apoiou em tudo para criar uma pessoa responsável!

Ao meu Irmão, que de forma muito realista, me ensinou a ultrapassar muitos desafios.

A minha Noiva, que com muito AMOR, soube ter sabedoria e paciência em muitos momentos onde a distância persistia em se manter, esta vitória é NOSSA!

Ao meu Orientador Lucas Siqueira, pelos ensinamentos e confiança depositada ao longo de todo curso!

Aos Amigos, em especial do Chester Bastista pelo auxílio nas coletas de dados e parceria em todos os momentos!

Aos Colegas da Elanco, em especial da Catarina Lopez que não mediu esforços para auxiliar nas análises estatísticas.

A Fazendas que disponibilizaram a coleta das informações para desenvolvimento do trabalho, são elas: Faz. Salto Grande, Santa Isabel, Rasip, Agrop. Acatrolli e Granjas 4 Irmãos.

Enfim, a todos que colaboraram de uma forma ou de outra nesta caminhada, muito obrigado a Todos!!!

## RESUMO

### **AVALIAÇÃO DA LUMINOSIDADE NAS INSTALAÇÕES DE BOVINOS LEITEIROS: ATUAL SITUAÇÃO E PROJEÇÃO DE OPORTUNIDADE PARA MANEJO DE FOTOPERÍODO**

Autor: ZERBIELLI, Cristiano Luiz<sup>1</sup>  
Orientador: SIQUEIRA, Lucas Carvalho<sup>1</sup>

O objetivo deste estudo foi avaliar a atual situação da luminosidade nas instalações de fazendas produtoras de leite no estado do Rio Grande do Sul/Brasil e projetar, através de um perfil de resposta, a oportunidade de aumento em produção de leite nestas fazendas. O estudo foi realizado em duas etapas, uma primeira com o levantamento de dados para elaboração de um *profiler* (*perfil de resposta*), que foi utilizado como base de dados para as avaliações e projeções da produção de leite em relação a intensidade luminosa (lux) incidente nas fazendas avaliadas; e uma segunda etapa, com o levantamento de dados da intensidade luminosa natural e artificial na sala de espera, sala de ordenha e galpão de alimentação durante todo dia, mensurando-se a quantidade de lux incidente, ao nível de olho, e o tempo no qual os animais ficaram expostos a esta luminosidade. A coleta dos dados a campo foi realizada nos meses de junho e julho. Os resultados de lux entre propriedades e instalações foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os resultados de lux nas diferentes instalações foram submetidas ao *profiler* a fim de avaliar a produção de leite oriunda da suplementação luminosa e sua respectiva projeção de aumento de produção a 150 lux de incidência luminosa. Como resultado, o modelo polinomial quártico representou o melhor perfil de resposta entre produção de leite e intensidade luminosa. Houve diferença estatística ( $P < 0.05$ ) na luminosidade natural e artificial das diferentes instalações e fazendas avaliadas. Foi observado coeficiente de correlação ( $R^2: 0,92$ ) entre a altura do pé-direito e a luminosidade média incidente ao longo do dia no interior das instalações. As vacas ficaram expostas à 16,3 horas diárias de luminosidade quando somado a luz natural e artificial. As fazendas estão perdendo um total de 0,358kg de leite/vaca/dia em função de não atenderem a luminosidade semelhante a encontrada nas salas de ordenha destas mesmas fazendas e, apresentam uma oportunidade de aumento de produção significativo, de aproximadamente 2,17kg de leite/vaca/dia, caso suplementassem com 150 lux todas as instalações em relação aos atuais 18 lux. Em conclusão, existe uma grande variação na luminosidade das instalações, todas fazendas estão com luminosidade abaixo do recomendado, a altura do pé-direito influencia na luminosidade interna diária. O uso do *profiler* auxilia na identificação da oportunidade de aumento de produtividade nas fazendas e existe uma grande oportunidade de aumento produtivo quando utilizado a correta intensidade luminosa nas instalações de bovinos de leite no estado do Rio Grande do Sul/Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fotoperíodo, luminosidade, instalações, vacas em lactação.

---

<sup>1</sup> Médico Veterinário, Mestrando na Universidade de Cruz Alta.

## ABSTRACT

### **EVALUATION OF LIGHT IN THE FACILITIES OF DAIRY CATTLE: CURRENT SITUATION AND PROJECTION OF OPPORTUNITY FOR MANAGEMENT PHOTOPERIOD**

Author: ZERBIELLI, Cristiano Luiz

Advisor: SIQUEIRA, Lucas Carvalho

The objective of this study was to evaluate the current state of brightness in dairy farms facilities in the state of Rio Grande do Sul / Brazil and design, through a response profile, the growth opportunity in milk production on these farms. The study was conducted in two stages, with a first data collection for preparation of a profiler (response profile), which was used as a database for evaluations and projections of milk production in relation to brightness intensity (lux) incident in the evaluated farms; and a second stage, with the survey data of natural and artificial light intensity in the holding pen, parlor and barn feeding or free stall every 1 hour throughout the day, measuring the amount of lux incident, the eye level, and the time in which animals were exposed to this light. Data collection field was performed in June and July. The lux results between properties and facilities were subjected to analysis of variance and means compared by Tukey test at 5% significance level. Lux results in different plants were submitted to the profiler to assess the production of milk derived from the brightness and its respective projection supplementation increased production of 150 lux of brightness incidence. As a result, the quartic polynomial model represented the best response profile between milk production and brightness intensity. There was a statistical difference ( $P < 0.05$ ) in natural light and artificial of different facilities and evaluated farms. Correlation coefficient was observed ( $R^2: 0.92$ ) between the ceilings height and the average incident brightness throughout the day within the facilities. The cows were exposed to 16.3 hours per day when added to natural and artificial brightness. The farms are losing a total of 0,358kg of milk /cow /day do not meet the luminosity function similar to found in the parlors of these same farms and have a significant production increase opportunity, approximately 2,17kg mil /cow /day if would supplement with 150 lux all facilities from current 18 lux. In conclusion, there is great variation in the brightness of the facilities, all farms are with brightness lower than recommended, the ceilings height influence on daily internal brightness. Using the profiler helps to identify the productivity-enhancing opportunity on farms and there is a great opportunity to increase productive when used the correct brightness intensity in dairy cattle facilities in the state of Rio Grande do Sul / Brazil.

**KEY WORDS:** Photoperiod, brightness, facilities, lactating cow.

---

<sup>1</sup> Médico Veterinário, Professor Doutor na Universidade de Cruz Alta.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- FIGURA 1 - Projeção de resposta em produção de leite em vacas suplementadas com luminosidade natural + artificial de 60 lux por dia 16 horas/dia contínuo.....27
- FIGURA 2 - Projeção de resposta em produção de leite em vacas suplementadas com luminosidade natural + artificial de 150 lux por dia 16 horas/dia contínuo.....27
- FIGURA 3 - Projeção de resposta em produção de leite em vacas suplementadas com luminosidade natural + artificial de 470 lux por dia 16 horas/dia contínuo.....28
- FIGURA 4 - Luminosidade média natural das diferentes instalações nas fazendas avaliadas (sala de ordenha, sala de espera e galpão de alimentação). Letras diferentes correspondem a diferença estatística.....29
- FIGURA 5 - Luminosidade média artificial das diferentes instalações nas fazendas avaliadas (sala de ordenha, sala de espera e galpão de alimentação). Letras diferentes correspondem a diferença estatística.....29
- FIGURA 6 - Luminosidade média natural da sala de ordenha das 4 fazendas (A, B, C e D).....29
- FIGURA 7 - Luminosidade média natural da sala de espera das 4 fazendas (A, B, C e D).....30
- FIGURA 8 - Luminosidade média natural do galpão de alimentação ou *free-stall* das 5 fazendas (A, B, C, D e E).....30
- FIGURA 9: Luminosidade natural média no qual os animais foram submetidos nas diferentes instalações.....31
- FIGURA 10: Luminosidade artificial média no qual os animais foram submetidos nas diferentes instalações.....31
- FIGURA 11 - Avaliação da correlação entre altura do pé-direito dos galpões de alimentação e/ou *free-stall* e luminosidade média diária incidente no interior da instalação.....32

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Resultado de Correlação (R <sup>2</sup> ) e Valor de P do modelo polinomial quártico correlacionando Produção Leiteira x Intensidade Luminosa (Lux).....	26
TABELA 2 - Produção de leite projetada através do <i>profiler</i> em relação a atual luminosidade média das diferentes instalações nas 5 fazendas e perda estimada de produção em função da diferença de luminosidade entre instalações.....	33
TABELA 3 - Produção de leite projetada através do <i>profiler</i> em relação a atual luminosidade média das 5 fazendas e perda estimada de produção em função da diferença de luminosidade em relação a correta recomendação de intensidade luminosa.....	33

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.m. – *ante meridiem*

*Ante Meridiem* – antes do meio-dia

bST – somatotropina bovina

Dr - Doutor

*Et al.* - e outros

Etc. – etecétera

ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

EUA – Estados Unidos da América

Ex - exemplo

g – gramas

GnRH – hormônio liberador de gonadotrofias

IATF – Inseminação artificial em tempo fixo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IgG – imunoglobulina G

IGF-1 - fator de crescimento semelhante à insulina

kg – quilograma

LH – hormônio luteinizante

Lux – intensidade luminosa = 1 lúmen/m<sup>2</sup>

Méd. Vet. – médico veterinário

m<sup>2</sup>: metro quadrado

Nº - número

p.m. - *post meridiem* = após o meio-dia

Prof. – professor

PRL – prolactina

*Profiler*: perfil

R<sup>2</sup> - correlação

S - sul

*time budget* – divisão do tempo

Valor de P - probabilidade

NS – não significativo

## LISTA DE SÍMBOLOS

+ - mais

° - graus

% - porcentagem

± - mais ou menos

x – versos

3x - três vezes

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
2.1. Efeito do fotoperíodo na lactação.....	15
2.2. Efeito do fotoperíodo em vacas secas.....	18
2.3. Efeito do fotoperíodo em novilhas.....	19
<b>3. AVALIAÇÃO DA LUMINOSIDADE NAS INSTALAÇÕES DE BOVINOS LEITEIROS: ATUAL SITUAÇÃO E PROJEÇÃO DE OPORTUNIDADE PARA MANEJO DE FOTOPERÍODO</b> .....	21
3.1. Resumo.....	21
3.2. Abstract.....	22
3.3. Introdução.....	23
3.4. Materiais e Métodos.....	24
3.5. Resultados e Discussão.....	26
3.5.1. Elaboração do <i>Profiler</i> .....	26
3.5.2. Atual situação da luminosidade.....	28
3.5.3. Projeções.....	32
3.6. Conclusão.....	34
<b>4. REFERENCIAS</b> .....	34

## 1. INTRODUÇÃO

A produção leiteira em todo mundo passou por grandes mudanças nas últimas décadas, pois com o advento de várias tecnologias, a produção foi alavancada em virtude do expressivo valor econômico, social e ambiental que a envolve. Principalmente no Brasil, o setor leiteiro tem como característica histórica ser um sistema de produção integrado a outras atividades, a fim de possibilitar um retorno econômico de forma mensal e seguro a produtores das mais variadas etnias e localidades.

Porém, estas duas características citadas acima têm despertado o interesse de muitos investidores do setor ou fora dele, pois retorno econômico mensal e segurança são dois quesitos pouco vistos no setor agropecuário e que quando conciliados possibilitam realizar investimentos a médio e longo prazo com a certeza de lucratividade e retorno do capital investido.

Segundo Goodman (2008), a agropecuária vem apresentando cada vez mais um processo de hibridização entre o setor primário e a indústria. Neste cenário, as biotecnologias aplicadas no setor agropecuário tem servido como base para o desenvolvimento do setor primário e principalmente pelo acesso ao conhecimento e aos métodos gerencias necessários para um sistema sustentável, tudo isto, atrelado ao desenvolvimento social e cultural dos envolvidos.

Diante deste cenário, de cultura e possibilidade de desenvolvimento do meio rural, o Brasil, com todas suas riquezas de terras e águas, tem sido alvo de inúmeros investimentos no setor leiteiro, visto que, o setor tem grande expectativa de se tornar referência em produção de lácteos em todo o mundo a curto prazo. Assim, há uma tendência contínua e interessante no setor, pois aumenta-se a competitividade na produção resultando no aumento pela busca de aperfeiçoamento e profissionalização da atividade.

Diferente do passado, inúmeros projetos no setor estão sendo realizados por diferentes escalas de produção, da agricultura familiar, que buscam a permanência de seus filhos na atividade rural, aos grandes produtores, que buscam um mercado seguro e lucrativo

para seus negócios; ambos constroem uma cadeia produtiva sólida e que atualmente envolve cerca de 7% da população do estado do Rio Grande do Sul; e quando se avalia o potencial de crescimento do setor da região Sul, o Brasil nos anos de 1990 a 2007 cresceu 80,43%, enquanto o Sul do país cresceu 130,3% no mesmo período (IBGE, 2007).

O aumento da renda, o acesso ao conhecimento e desenvolvimento cultural são necessidades primárias para que os jovens das mais variadas classes sociais permaneçam na atividade rural, e tudo isto só é possível através do uso de tecnologias conhecidas, aumento de produtividade e principalmente a valorização do setor por meio de medidas públicas que possibilitem a construção de um ambiente sustentável e prazeroso no trabalho e na vida pessoal.

Quando falamos em biotecnologias, desenvolvimento do meio rural e aumento de renda, estamos diante de um cenário bastante desafiador e que requer o melhor entendimento dos fatores que possam interferir, de forma direta ou indireta, nos índices zootécnicos e econômicos das propriedades rurais. Segundo Collier *et al.* (2006), a suplementação de luminosidade e manejo do fotoperíodo pode ser classificada como um dos mais importantes fatores de manejo que proporcionam a maximização da produtividade nos rebanhos leiteiros atuais, citado igualmente a outros fatores como o controle térmico das instalações, conforto animal, IATF e nutrição.

Portanto, torna-se importante o conhecimento das características nas instalações de bovinos de leite, em especial da luminosidade, pois impacta de forma significativa nos resultados produtivos, reprodutivos, sanitários, econômico e socioambiental dos produtores de leite do estado do Rio Grande do Sul; sendo isto possível, através da avaliação dos padrões atuais de luminosidade nas instalações e posterior correção do dimensionamento e manejo do fotoperíodo.

Como objetivo principal, propõe-se avaliar a situação atual do qual os bovinos leiteiros estão submetidos à luminosidade nas respectivas instalações de maior permanência de tempo dos animais, são elas: galpão de alimentação, sala de espera e sala de ordenha, em 5 fazendas leiteiras que totalizam 3.000 vacas em lactação, tendo como ferramenta de medida a luminosidade mensurada em lux ( $1 \text{ lux} = 1 \text{ lúmen/m}^2$ ). Criar um *profiler* (perfil de resposta) para correlacionar intensidade luminosa x produção leiteira; Determinar o principal ponto de estrangulamento nas instalações em termos de luminosidade em bovinos de leite no RS. Avaliar o impacto econômico, com relação a produção de leite, da atual situação dos rebanhos avaliados. Identificar a variação da luminosidade entre fazendas avaliadas, com seus

respectivos pontos de estrangulamento; Pontuar os principais fatores que influenciam na luminosidade interna das instalações.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Fotoperíodo é a duração do período de luz a que um animal está exposto em um dia. Muitas vezes é manipulado artificialmente para produzir dias longos, com 16 a 18 horas de luz e 6 a 8 horas de escuridão, ou dias curtos, que são caracterizados por 8 horas de luz e 16 horas de escuridão. O fotoperíodo afeta a fisiologia animal de diversas maneiras. Em bovinos, por exemplo, crescimento, lactação e reprodução são afetados pela exposição dos animais à luz (DAHL *et al.* 2010).

Segundo dados da ESALQ (2014), o Brasil em função do seu vasto território, apresenta locais onde o fotoperíodo é constante ao longo do ano, como é o caso dos estados situados na linha do equador, ex: Roraima e Amapá com 0° de latitude; e, alguns estados situados mais ao sul, ex: Rio Grande do Sul e Santa Catarina com latitude de 28°S, que apresentam grande oscilação de luminosidade ao longo do ano.

No estado do Rio Grande do Sul, cerca de 50% do tempo, ou seja, 6 meses do ano estão submetido a menos de 12 horas de luminosidade natural, fato este que afeta diretamente a agricultura, pecuária e outros setores que dependem da luminosidade natural como fator produtivo.

### 2.1. Efeito do fotoperíodo na lactação

Embora as primeiras pesquisas científicas que avaliaram os efeitos do fotoperíodo em bovinos de leite tenham mais de 30 anos (PETERS *et al.* 1978), poucas intervenções no manejo e nas instalações foram feitas afim de tornar este efeito uma ferramenta de manejo para aumentar a produtividade, fertilidade e saúde dos rebanhos leiteiros comerciais no Brasil, e em especial no Rio Grande do Sul, onde este efeito mostra-se mais intenso em virtude do seu posicionamento no globo terrestre.

Nas demais atividades zootécnicas comerciais, em exemplo a avicultura, o fotoperíodo é alvo de inúmeros estudos que tornam esta ferramenta prática e aplicável a grande maioria dos produtores no Brasil há muitos anos.

A suplementação luminosa pode ser feita através de luz artificial, no qual pode ser

mensurada através da medida chamada “Lux”, que significa lúmens/m<sup>2</sup>; ou seja, quando falamos que um determinado local possui 100 lux de incidência luminosa, estamos dizendo que neste local está incidindo 100 lúmens/m<sup>2</sup>.

Quando pensamos na diferença entre a luminosidade natural ofertada no estado do Rio Grande do Sul e a requerida por vacas em lactação (16 horas/dia, segundo Dahl *et al.* (1998), encontramos uma diferença de cerca de 6 horas por dia nos meses de maio, junho e julho, no qual a luminosidade natural é de 10,6, 10,2 e 10,4; respectivamente. Fato este que reforça a importância do manejo do fotoperíodo, principalmente nos estados de maior latitude.

O primeiro experimento que avaliou o efeito de fotoperíodo em vacas em lactação foi desenvolvido na Universidade de Michigan – USA, em 1978, no qual acompanhou por dois anos consecutivos o efeito da luminosidade na produção e crescimento dos animais suplementados com luz artificial, o interessante deste trabalho é que ao final dele os pesquisadores não entendiam o real efeito fisiológico induzido pela luminosidade, e os mesmos tinham como principal probabilidade de efeito o incremento na concentração de prolactina, o que não foi comprovado anos depois através da infusão de prolactina exógena e a mesma não teve efeito em produção (PLAUT *et al.* 1987).

Anos depois, Dahl e seus colaboradores, sugeriram que o aumento de produção em vacas suplementadas com luz seria oriundo do aumento do IGF-1, induzido pela inibição da secreção de melatonina em vacas com 16 horas de luminosidade diária. (DAHL *et al.* 1997)

A glândula pineal é hábil em mensurar o tamanho da luminosidade diária e ajustar a secreção de melatonina. A melatonina inibe a secreção de hormônios gonadotróficos, hormônio luteinizante, hormônio folículo estimulante para a pituitária anterior por inibição da concentração de GnRH oriundo do hipotálamo (JOHNSON, 2007).

A exposição a ciclos variáveis de luz e escuridão altera a secreção de hormônios e, em última análise, são estas flutuações endócrinas que resultam em respostas na produção. O primeiro impacto da exposição à luz é sobre a secreção do hormônio melatonina, que é suprimido pela luz. Por outro lado, a escuridão está associada a aumento rápido e robusto na secreção de melatonina. Assim sendo, os bovinos e outros animais usam o período de duração da elevação da melatonina como um sinal para a duração fisiológica do dia.

O padrão de liberação de melatonina impulsiona a secreção de outros hormônios. Dois destes hormônios críticos para a discussão sobre as respostas ao fotoperíodo em bovinos são o fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-I) e prolactina (PRL) (DAHL *et al.*, 2000). Aumentos no IGF-I estão associados a aumentos na produção de leite quando as vacas

são tratadas com somatotropina bovina, e há evidências de IGF-I afeta a função das células mamárias. A PRL tem numerosas ações fisiológicas, mas os que mais se destacam são os efeitos sobre o crescimento mamário e o sistema imune. Em dias com fotoperíodo longo, as concentrações de IGF-I e PRL no sangue aumentam se comparadas com os dias curtos. Estas mudanças hormonais são a base para as alterações na lactação, crescimento e saúde dos bovinos alojados em fotoperíodos diferentes.

Durante a lactação, a exposição a dias longos aumenta a produção de leite em bovinos, 2,26 kg de leite/dia em média (PETERS *et al.*, 1978; STANISIEWSKI *et al.*, 1985), este último trabalho, realizado em 16 rebanhos comerciais norte-americanos, no período de inverno e sob várias condições de manejo e nutrição, sendo que o aumento de leite foi associado a aumento do IGF-I (DAHL *et al.*, 1997; 2000). A elevação na produção de leite ocorre independente do estágio da lactação ou da paridade. A produção de leite aumenta gradativamente ao longo de 2 a 4 semanas e leva a aumento no consumo diário de matéria seca, entre 0,9 e 1,36 kg. Geralmente não há alteração na composição, ainda que tenha havido relatos ocasionais de ligeiras quedas no teor de gordura do leite (DAHL *et al.*, 2003).

Evidencias propostas por Dowell (2001) sugerem que o fotoperíodo é responsável pela sazonalidade da função imune das vacas leiteiras, e com isto seria o responsável pela variação da saúde dos animais ao longo do ano.

Um interessante experimento realizado no Japão, Kashiwamura, *et al.*, (1991), que tinha como objetivo avaliar os fatores que realmente afetavam a sazonalidade de produção naquele país, mostrou haver maior correlação entre a sazonalidade de produção x lux quando comparado a demais fatores, tais como: temperatura, pastagens, silagem de milho e feno.

Os dias longos também podem ser combinados com outros melhoradores de produção, como a bST (somatotropina bovina), na busca pelo efeito aditivo (MILLER *et al.*, 2000). Em um estudo onde foi comparado o efeito dos dias longos, a suplementação com bST ou o aumento na frequência de ordenha (3x/dia), observou-se aumento significativo similar entre o grupo com dias longos x aumento na frequência de ordenha em relação ao controle, bem como, observou-se sinergismo entre os tratamentos de dias longos x frequência de ordenha x bST, com produção de mais 2.600kg/lactação a mais em relação ao grupo controle (DUNLAP *et al.* 2000).

Considerando o benefício do aumento da duração de exposição à luz em vacas em lactação, uma pergunta óbvia é como fazer o manejo adequado do fotoperíodo. Atualmente, a recomendação de suplementação para aumento de produção leiteira é de 16 a 18 horas por dia

de luz à 200 lux (DAHL *et al.* 1998; REKSEN *et al.* 1999) independe de sistema de produção utilizado (confinamento ou semi-confinamento). Este nível de iluminação pode ser conseguido com uma variedade de lâmpadas, desde as fluorescentes até as de metal-haloide e as de vapor de sódio em alta pressão. As lâmpadas, entretanto, precisam ser selecionadas com base na altura disponível para sua colocação, que depende do tipo de galpão, em especial da altura do pé-direito.

Segundo Cook (2010) que avaliou a distribuição do tempo em relação as atividades “*time budget*”, realizadas em mais de 200 vacas em lactação em 16 rebanhos, demonstrou que os animais permanecem 12 horas/dia em descanso, 2,7 horas/dia em ordenha, 4,8 horas/dia se alimentando e bebendo água, e demais 4,5 horas/dia socializando e realizando demais atividades. Este resultado nos mostra que temos oportunidade, mesmo em sistemas de semi-confinamento de fornecer luminosidade artificial e manejar o fotoperíodo dos animais, pois quando somamos os tempos em ordenha e alimentação, temos uma oportunidade de mais de 7 horas por dia em ambiente controlado para fornecer luz aos animais.

## 2.2. Efeito do fotoperíodo em vacas secas

O manejo do fotoperíodo também tem efeitos significativos sobre as vacas durante o período seco; comparando com as vacas em lactação. Entretanto, ao contrário das vacas em lactação, a exposição a dias curtos oferece o tratamento que resulta no maior benefício para a produção e a saúde. Especificamente, as vacas secas alojadas sob condições de dias curtos produzem uma média de 3 kg a mais de leite/dia em relação às vacas mantidas com dias longos quando secas (MILLER *et al.*, 1999; AUCHTUNG *et al.*, 2005). Esta resposta é independente da exposição à luz depois da parição.

Os dias curtos também foram efetivos quando combinados com redução na duração do período seco. Velasco *et al.* (2008) trataram vacas com dias curtos ou longos durante um período de 6 semanas. A duração do período seco para as vacas com dias curtos foi de apenas 35 dias, enquanto que para as vacas com dias longos foi de 42 dias. E mesmo com esta redução no período seco, as vacas com dias curtos produziram mais do que 3 kg/dia a mais de leite do que as expostas a dias longos. Por isto, os dias curtos podem ser usados em combinação com uma duração reduzida do período seco e ainda assim mostrar respostas em termos de produção.

As vacas submetidas a dias curtos apresentaram queda na PRL circulante, mas há aumento na expressão do receptor para PRL (AUCHTUNG *et al.*, 2003; 2004a). Por isto, o

sinal da PRL é amplificado e na glândula mamária isto se traduz por aumento no crescimento mamário (WALL *et al.*, 2005). Talvez os efeitos dos dias curtos sobre a saúde das vacas secas durante o período de transição seja mais interessante para os produtores. Os efeitos da sinalização alterada de PRL afetam a função do sistema imunológico de maneira positiva, e as vacas secas sob dias curtos têm redução na contagem das células somáticas à parição quando comparadas com as vacas sob dias longos (AUCHTUNG *et al.* 2004b). Neste mesmo estudo, as vacas sob dias curtos tiveram menos infecções novas nos quartos mamários no início da lactação. Assim, além de seu efeito sobre a produção os dias curtos parecem melhorar a saúde mamária.

Como a ação da PRL é crítica para a transferência de imunoglobulinas da circulação para o colostro (BARRINGTON *et al.*, 1999), a influência da manipulação do fotoperíodo foi examinada com relação à saúde do bezerro. Morin *et al.* (2010) não observaram nenhuma diferença nas concentrações de IgG nos colostros de vacas expostas a dias longos ou curtos quando secas, e também não foi observada nenhuma diferença na saúde do bezerro. Considerando o efeito substancial dos dias curtos sobre a produção de leite neste mesmo estudo (REID *et al.*, 2004), a ausência de qualquer efeito da manipulação do fotoperíodo sobre o IgG do colostro sugere que a saúde do bezerro não é comprometida pelos dias curtos.

### 2.3. Efeito do fotoperíodo em novilhas

Além dos efeitos descritos acima para as vacas adultas, as novilhas mantidas com dias longos do desmame até a puberdade crescem mais rapidamente do que as mantidas com dias curtos (RIUS *et al.*, 2005). A maior parte do aumento no crescimento é na altura, e as novilhas com dias longos tendem a ser mais leves do que as novilhas com dias curtos. As novilhas sob dia longo permaneceram mais altas quando a altura foi acompanhada até a parição. Como a altura está mais fortemente correlacionada com a futura produção do que o peso, esta resposta inicial de crescimento deve ser uma vantagem. Realmente, quando as novilhas expostas a dias longos durante o período pré-púbere foram rastreadas até a parição e a primeira lactação, produziram mais do que 725 kg a mais de leite do que as novilhas que foram mantidas com dias curtos no período pré-púbere (RIUS e DAHL, 2006).

As novilhas mantidas com dias longos também alcançaram a puberdade mais cedo do que as mantidas com dias curtos, geralmente em torno de um mês mais cedo (HANSEN, 1985), isto oriundo da maior liberação de LH em resposta ao estradiol em relação às novilhas sob dias curtos (HANSEN *et al.*, 1982). Como o efeito sobre o crescimento, esta resposta

deve ser uma vantagem já que há evidências de que aumentando o número de ciclos antes da cobertura resulta em taxas de concepção mais elevadas. Assim, não há nenhuma desvantagem biológica no uso de dias longos para acelerar o desenvolvimento da novilha. Uma porção de crescimento que podem estar associados com a aceleração da secreção de esteróides gonadais associado com o tratamento a longo dia. No entanto, os dias longos, também aumentam o número de células do parênquima, após a puberdade, o que sugere que outros factores para além de esteróides sexuais desempenham um papel (PETITCLERC *et al.*, 1985).

A importância relativa de IGF-I para o crescimento da glândula mamário, no entanto, é ambígua com base no trabalho de Plath-Gabler *et al.*, (2001), em que novilhas tinham expressão limitada de IGF-I, receptor de IGF-I, e proteínas de ligação a IGF em tecido mamário. Porém, os efeitos sobre o crescimento de novilhas submetidas a dias longos são consistentes e relacionados com maiores concentrações de IGF-I em relação ao tratamento submetido a dias curtos (KENDALL *et al.*, 2003; SPICER *et al.*, 2007)

Em resumo, a exposição de novilhas à dias longos durante a fase de crescimento resulta em animais maiores em altura, animais mais magros na maturidade, com maior crescimento do parênquima mamário, e esses efeitos estão associados com maior rendimento após o parto.

Não há uma análise econômica completa examinando o retorno resultantes da exposição de novilhas em crescimento a dias longos. Contudo, é razoável usar algumas premissas cuidadosas para prever esta abordagem de manejo. Considerando a resposta em produção de leite de aproximadamente 725 kg na primeira lactação de novilhas que cresceram com dias longos, pode-se fazer uma estimativa conservadora de uma receita adicional de 400 reais nesta primeira lactação. O período entre o desmame e a puberdade é de aproximadamente 200 dias para novilhas leiteiras. Assim sendo, o custo da iluminação teria que ser superior a R\$ 2,00 novilha/dia para que se pudesse evitar uma perda. Por isto, é provável que o tratamento com dias longos seria eficiente do ponto de vista do custo em muitas situações de recria de novilhas.

Um ponto fundamental para a utilização do manejo de fotoperíodo é o planejamento prévio das instalações, pois o mesmo requer um dimensionamento correto das lâmpadas e fiação, um sistema de acionamento automático e um manejo de luminosidade voltada aos animais e não apenas ao ser humano.

## RESUMO

### **AVALIAÇÃO DA LUMINOSIDADE NAS INSTALAÇÕES DE BOVINOS LEITEIROS: ATUAL SITUAÇÃO E PROJEÇÃO DE OPORTUNIDADE PARA MANEJO DE FOTOPERÍODO**

### **EVALUATION OF LUMINOSITY ON DAIRY CATTLE FACILITIES: CURRENT SITUATION AND PROJECTION OF OPPORTUNITY FOR MANAGEMENT OF PHOTOPERIOD**

ZERBIELLI, Cristiano Luiz<sup>1</sup>; BATISTA, Chester Patrique<sup>3</sup>; SIQUEIRA, Lucas Carvalho<sup>2</sup>

#### RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a atual situação da luminosidade nas instalações de fazendas produtoras de leite no estado do Rio Grande do Sul/Brasil e projetar, através de um perfil de resposta, a oportunidade de aumento em produção de leite nestas fazendas. O estudo foi realizado em duas etapas, uma primeira com o levantamento de dados para elaboração de um *profiler* (*perfil de resposta*), que foi utilizado como base de dados para as avaliações e projeções da produção de leite em relação a intensidade luminosa (lux) incidente nas fazendas avaliadas; e uma segunda etapa, com o levantamento de dados da intensidade luminosa natural e artificial na sala de espera, sala de ordenha e galpão de alimentação durante todo dia, mensurando-se a quantidade de lux incidente, ao nível de olho, e o tempo no qual os animais ficaram expostos a esta luminosidade. A coleta dos dados a campo foi realizada nos meses de junho e julho. Os resultados de lux entre propriedades e instalações foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os resultados de lux nas diferentes instalações foram submetidas ao *profiler* a fim de avaliar a produção de leite oriunda da suplementação luminosa e sua respectiva projeção de aumento de produção a 150 lux de incidência luminosa. Como resultado, o modelo polinomial quártico representou o melhor perfil de resposta entre produção de leite e intensidade luminosa. Houve diferença estatística ( $P < 0.05$ ) na luminosidade natural e artificial das diferentes instalações e fazendas avaliadas. Foi observado coeficiente de correlação ( $R^2: 0,92$ ) entre a altura do pé-direito e a luminosidade média incidente ao longo do dia no interior das instalações. As vacas ficaram expostas à 16,3 horas diárias de luminosidade quando somado a luz natural e artificial. As fazendas estão perdendo um total de 0,358kg de leite/vaca/dia em função de não atenderem a luminosidade semelhante a encontrada nas salas de ordenha destas mesmas fazendas e, apresentam uma oportunidade de

<sup>1</sup> Médico Veterinário, Mestrando da Universidade de Cruz Alta.

<sup>2</sup> Médico Veterinário, Professor Doutor da Universidade de Cruz Alta.

<sup>3</sup> Médico Veterinário, Mestre da Universidade de Cruz Alta.

aumento de produção significativo, de aproximadamente 2,17kg de leite/vaca/dia, caso suplementassem com 150 lux todas as instalações em relação aos atuais 18 lux. Em conclusão, existe uma grande variação na luminosidade das instalações, todas fazendas estão com luminosidade abaixo do recomendado, a altura do pé-direito influencia na luminosidade interna diária. O uso do *profiler* auxilia na identificação da oportunidade de aumento de produtividade nas fazendas e existe uma grande oportunidade de aumento produtivo quando utilizado a correta intensidade luminosa nas instalações de bovinos de leite no estado do Rio Grande do Sul/Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fotoperíodo, luminosidade, instalações, vacas em lactação.

#### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the current state of brightness in dairy farms facilities in the state of Rio Grande do Sul / Brazil and design, through a response profile, the growth opportunity in milk production on these farms. The study was conducted in two stages, with a first data collection for preparation of a profiler (response profile), which was used as a database for evaluations and projections of milk production in relation to brightness intensity (lux) incident in the evaluated farms; and a second stage, with the survey data of natural and artificial light intensity in the holding pen, parlor and barn feeding or free stall every 1 hour throughout the day, measuring the amount of lux incident, the eye level, and the time in which animals were exposed to this light. Data collection field was performed in June and July. The lux results between properties and facilities were subjected to analysis of variance and means compared by Tukey test at 5% significance level. Lux results in different plants were submitted to the profiler to assess the production of milk derived from the brightness and its respective projection supplementation increased production of 150 lux of brightness incidence. As a result, the quartic polynomial model represented the best response profile between milk production and brightness intensity. There was a statistical difference ( $P < 0.05$ ) in natural light and artificial of different facilities and evaluated farms. Correlation coefficient was observed ( $R^2: 0.92$ ) between the ceilings height and the average incident brightness throughout the day within the facilities. The cows were exposed to 16.3 hours per day when added to natural and artificial brightness. The farms are losing a total of 0,358kg of milk /cow /day do not meet the luminosity function similar to found in the parlors of these same farms and have a significant production increase opportunity, approximately 2,17kg mil /cow /day if would supplement with 150 lux all facilities from current 18 lux. In conclusion, there is great variation in the brightness of the facilities, all farms are with brightness lower than recommended, the ceilings height influence on daily internal brightness. Using the profiler helps to identify the productivity-enhancing opportunity on farms and there is a great opportunity to increase productive when used the correct brightness intensity in dairy cattle facilities in the state of Rio Grande do Sul / Brazil.

**KEY WORDS:** Photoperiod, brightness, facilities, lactating cow.

## 1. INTRODUÇÃO

As primeiras pesquisas científicas que evidenciaram efeitos do fotoperíodo em bovinos de leite possuem mais de 30 anos (PETERS *et al.* 1978). No entanto, acredita-se que poucas intervenções no manejo e nas instalações foram feitas a fim de tornar esses conhecimentos uma ferramenta para aumentar a produtividade, fertilidade e saúde dos rebanhos comerciais no Brasil. Salienta-se que, em especial no Rio Grande do Sul, espera-se que o efeito negativo da falta de luminosidade ao longo do ano seja intenso, em virtude do seu posicionamento no globo terrestre (Latitude 28 a 30°S).

No estado do Rio Grande do Sul, cerca de 6 meses do ano estão submetidos a períodos menores de 12 horas de luminosidade natural, fato este que afeta diretamente a agricultura, pecuária e outros setores que dependem da luminosidade natural como fator produtivo (ESALQ, 2014). Atualmente, a recomendação de suplementação para aumento de produção leiteira é de 16 a 18 horas por dia de luz à 200 lux (DAHL *et al.*, 1998; REKSEN *et al.*, 1999). Este nível de iluminação pode ser conseguido com uma variedade de lâmpadas, desde fluorescentes até as de metal-haloide e de vapor de sódio em alta pressão. As lâmpadas, entretanto, precisam ser selecionadas com base na altura disponível para sua colocação, que depende do tipo de galpão, em especial da altura do pé-direito.

Segundo Collier *et al.* (2006), a suplementação de luminosidade pode ser classificada como um dos mais importantes fatores de manejo que proporcionam a maximização da produtividade nos rebanhos leiteiros atuais, concomitantemente a outros fatores como o controle térmico das instalações, conforto animal, IATF e nutrição. Durante a lactação, a exposição a dias longos aumenta a produção de leite em bovinos, 2,26 kg de leite/vaca/dia em média (PETERS *et al.*, 1978; STANISIEWSKI *et al.*, 1985). A elevação na produção de leite ocorre independente do estágio da lactação ou do número de lactações. A produção de leite aumenta gradativamente ao longo de 2 a 4 semanas e leva a aumento no consumo diário de matéria seca, entre 0,9 e 1,36 kg. Geralmente não há alteração na composição, ainda que

tenha havido relatos ocasionais de ligeiras quedas no teor de gordura do leite (DAHL *et al.*, 2003).

A diferença entre a luminosidade natural ofertada no estado do Rio Grande do Sul e a requerida por vacas em lactação (16 horas/dia, segundo Dahl *et al.* (1998) é de cerca de 6 horas por dia nos meses de maio, junho e julho, no qual a luminosidade natural é de 10,6, 10,2 e 10,4; respectivamente. Fato este que reforça a importância do manejo do fotoperíodo, principalmente nos estado de maior latitude. Portanto, torna-se importante o conhecimento das características nas instalações de bovinos de leite, em especial da luminosidade, pois impacta de forma significativa nos resultados produtivos. Sendo assim, trabalho tem por objetivo estimar a oportunidade de aumento de produtividade em propriedades leiteiras do RS através da readequação do manejo de fotoperíodo em vacas lactantes.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em duas etapas: uma primeira com o levantamento de dados para elaboração de um *profiler*, através do pacote *JMP<sup>®</sup> Statistical Discovery do SAS Institute Inc*, que foi utilizado como base de dados para as avaliações e projeções da produção de leite em relação à intensidade luminosa (lux) incidente nas diferentes instalações avaliadas. Durante a segunda etapa, realizou-se a coleta de dados de luminosidade em cinco fazendas produtoras de leite do estado do Rio Grande do Sul/Brasil a fim de avaliar a atual situação da luminosidade das instalações destas fazendas em questão.

Na primeira etapa, para elaboração do *profiler*, realizou-se um levantamento na literatura a fim de buscar artigos científicos que avaliaram o efeito da suplementação luminosa e sua resposta em produção de leite em bovinos. Foram selecionados 11 estudos que avaliaram a suplementação de 16 horas por dia em vacas em lactação e a mensuração de lux ao nível do olho dos animais, os quais são: Peters *et al.* (1978), Peters *et al.* (1981), Marcek *et al.* (1984), Stanisiewski *et al.* (1985), Phillips *et al.* (1989), Bilodean *et al.* (1989), Evan *et al.* (1989), Dahl *et al.* (1997), Reksen *et al.* (1999), Miller *et al.* (1999), Mehwet *et al.* (2008).

Após a coleta de dados de luminosidade e resposta em produção leiteira, os dados foram submetidos ao *JMP<sup>®</sup> Statistical Discovery Software* a fim de identificar, através de diferentes métodos estatísticos, o melhor perfil de comportamento da resposta – *profiler* – entre produção leiteira e luminosidade.

Na segunda etapa, as coletas de dados de intensidade luminosa (lux) foram realizadas

em cinco das maiores fazendas produtoras de leite no RS (MILKPOINT, 2013). Os sistemas de produção diferem entre elas, sendo dois confinamentos e três semi-confinamentos. Estas fazendas representam um total de 3.000 vacas em lactação submetidas aos sistemas atuais de luminosidade. A coleta dos dados foi feita nos meses de junho e julho de 2013, no período do ano em que observa os menores índices de luminosidade natural incidente no estado do RS. Foram feitas coletas da intensidade luminosa natural e artificial na sala de espera, sala de ordenha e galpão de alimentação a cada 1 hora entre as 04:00 e as 22:00 horas, período no qual foi mensurado a quantidade de lux incidente, ao nível de olho (cerca de 80cm de altura) e o tempo no qual os animais ficaram expostos a esta luminosidade. Na sala de espera, foram feitas duas mensurações em locais alternados; na sala de ordenha, foram mensurados dois pontos em cada lado da linha de ordenha; e no galpão de alimentação, foi mensurado a linha de cocho em três pontos e os corredores em três pontos. Quando fosse o caso de confinamento total, as camas também foram mensuradas em três pontos, todas elas ao nível do olho dos animais. Também, foram coletadas informações quanto ao número de animais em lactação, sistema de produção e altura de pé-direito das instalações.

A intensidade luminosa foi mensurada através de um luxímetro portátil com precisão de  $\pm 4\%$ , leitura através de sensor com foto diodo de silício e repetibilidade de 2%. Os resultados de lux nas instalações foram submetidos à análise de variância, 5% de probabilidade, através de blocos inteiramente casualizados, tendo como unidade experimental a instalação nas diferentes fazendas. Os resultados de lux nas diferentes instalações foram submetidas ao *profiler*, obtido na etapa 1, a fim de estimar a produção de leite oriunda da suplementação luminosa, sendo que esta avaliação foi utilizada para projetar a possível resposta econômica da suplementação luminosa conforme diferentes luminosidades projetadas pelo *profiler*.

Para definir a classificação entre luminosidade natural e artificial considerou-se a relação entre a luminosidade interna e externa da instalação. Deste modo se a intensidade luminosa externa aferida fosse superior a interna classificou-se a luz como natural. Caso contrário, como luminosidade artificial.

Os valores de totais de luminosidade em todas as fazendas (lux) foram submetidos ao *profiler* para projetar a oportunidade em ganho de produção de leite quando expostos os animais a 150lx. Foram realizadas análises de regressão linear para determinar o coeficiente de correção, através da correlação de Pearson, em relação a lux x número de animais por fazenda, lux x sistema de produção e lux x altura de pé-direito das instalações.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Elaboração do *Profiler*

Ao longo de mais de 30 anos de estudo referente o padrão de resposta ao efeito da suplementação luminosa para vacas em lactação, inúmeros trabalhos buscaram identificar qual seria a luminosidade mínima a ser suplementada para que se pudesse obter os melhores resultados de custo/benefício do fotoperíodo artificial. Diante disto, com desenvolvimento de um padrão de resposta projetado espera-se ajudar a entender melhor as diferentes respostas produtivas frente a diferentes tratamentos com luminosidade artificial. Para isto, diferentes métodos estatísticos foram utilizados para identificar o melhor perfil de comportamento à resposta da suplementação luminosa e a criação de um perfil de resposta em produção de leite projetada conforme a luminosidade imposta aos animais.

TABELA 1: Resultado de Correlação ( $R^2$ ) e Valor de P do modelo polinomial quártico correlacionando Produção Leiteira x Intensidade Luminosa (Lux)

Modelo	Correlação ( $R^2$ )	Valor de P*
Polinomial Quártica	0,81	0,0214

\*: Análise de variância do pacote *JMP® Statistical Discovery Software*.

Através da análise polinomial quártica obteve-se a maior valor de correlação entre produção de leite e intensidade luminosa (Tabela 2), portanto, foi o modelo que mais se ajusto a análise em questão. A partir disto foi possível a criação de um *profiler* para projetar a produção de leite esperada em função da luminosidade existente, bem como estimar a oportunidade de ganho em produção leiteira nas fazendas.

Embora Dahl *et al.* (1998) e Reksen *et al.* (1999) recomendem a intensidade luminosa de 200 lux, o modelo utilizado no presente trabalho, sugere que aproximadamente 150 lux parece ser um ponto com melhor resposta à suplementação quando comparado a 200 lux, tanto pela resposta em produção leiteira quando a custo energético (consumo de kW/hr) e de investimento inicial para implantação de um sistema de manejo ao fotoperíodo, tais como tamanho das lâmpadas e fiação.

Os resultados de projeções de produção de leite quando estimado uma utilização de 60, 150 e 470 lux obtidas com o uso do *profiler* polinomial quártico podem ser visualizados nas Figuras 1, 2 e 3.

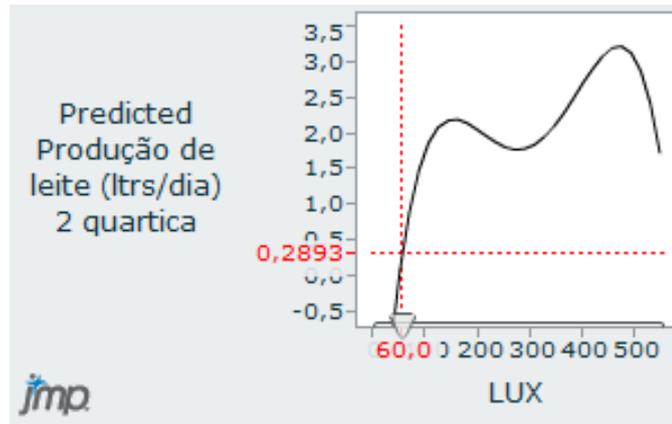


FIGURA 1: Projeção de resposta em produção de leite em vacas suplementadas com luminosidade natural + artificial de 60 lux por dia 16 horas/dia contínuo.

A exposição de vacas em lactação a um regime de 60 lux por 16 horas/dia induz um incremento de 0,289 litros/vaca/dia. Porém, parece ser um ponto de suplementação bastante vulnerável a mínima redução da intensidade luminosa, o que impactaria na anulação das respostas.

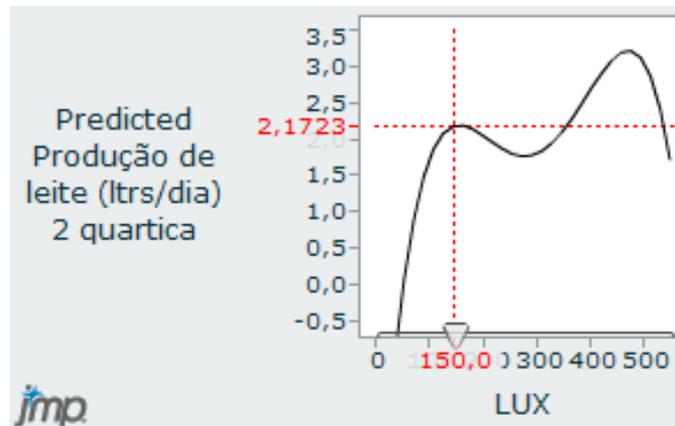


FIGURA 2: Projeção de resposta em produção de leite em vacas suplementadas com luminosidade natural + artificial de 150 lux por dia 16 horas/dia contínuo.

Na figura 2, pode-se observar uma resposta média projetada de 2,17 litros/vaca/dia quando proporciona-se 150 lux por 16 horas/dia em vacas em lactação. Esta resposta parece ser o alvo de luminosidade a ser atingida em função do retorno sobre o investimento de luz artificial (Peters, *et al.*, 1978; Marcek *et al.*, 1984 e Bilodeau *et al.*, 1989). Salienta-se que parece haver uma estabilidade e até mesmo leve declínio na resposta quando a luminosidade fica em torno dos 300 lux. Este comportamento da curva parece de difícil racionalização fisiológica e talvez seja apenas reflexo da inexistência de estudos que avaliaram o fornecimento de 300 lux.

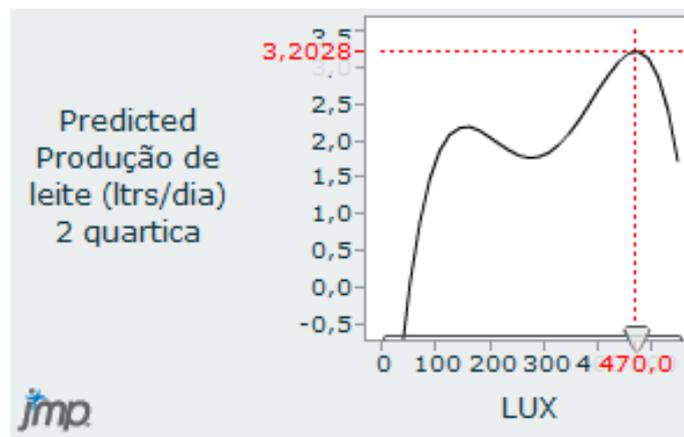


FIGURA 3: Projeção de resposta em produção de leite em vacas suplementadas com luminosidade natural + artificial de 470 lux por dia 16 horas/dia contínuo.

A suplementação com alta intensidade luminosa, em torno de 450 a 500 lux (figura 3), permitiu alcançar o platô de resposta incremento na produção a luminosidade artificial. Stanisiewski *et al.*, (1985) avaliaram a resposta em 13 rebanhos expostos a 536 lux onde foram observadas maiores variações de resposta, com uma média de 2,2kg/vaca/dia, e principalmente os rebanhos de maior intensidade luminosa não obtiveram resposta proporcional ao lux's suplementados, o que parece ter atingido o platô de resposta. Ainda, a inibição completa da secreção de melatonina é induzida em novilhas leiteiras pela exposição a 400 lux (Reksen *et al.*, (1999), sugerindo com isto, o possível mecanismo pelo qual a alta intensidade (>536lux) esteja atingindo o máximo de resposta em produção nas vacas em lactação.

### 3.2. Atual Situação da Luminosidade

Os resultados da luminosidade natural e artificial nas instalações de maior permanência dos animais nas fazendas podem ser visualizadas nas figuras 4 e 5. A incidência de luminosidade natural (das 07:00 a.m. horas até as 06:00 p.m) e artificial variou entre as instalações avaliadas (Figura 5 e 6). Isto evidencia a variação entre recomendações de luminosidade e/ou a falta de um correto dimensionamento da luminosidade artificial e natural das instalações. No entanto, salienta-se que em todas as propriedades e em todas instalações avaliadas a suplementação artificial não é suficiente para atingir os níveis mínimos estimulatórios do fotoperíodo (Dahl *et al.*, 1998).

A incidência de luminosidade tem comportamento oposto nas instalações (figuras 5 e 6). Durante o dia observou-se maior luminosidade nos galpões de alimentação (luminosidade natural) e menor na sala de ordenha, porém a noite a situação se inverte (luminosidade

artificial). Como apesar do uso de iluminação artificial ser maior neste local, porém insuficiente para atingir a incidência recomendada (200 lux, Dahl *et al.*, 1998) sugere-se que esta iluminação é justificada pela necessidade das fazendas em proporcionar um ambiente de trabalho, porém, negligenciando os efeitos positivos em saúde, reprodução e produção leiteira (Dahl, 2000). A falta de conhecimento por parte de produtores e técnicos dos benefícios do fotoperíodo no sistema produtivo é objeto de estudo em desenvolvimento em nosso grupo de pesquisa.

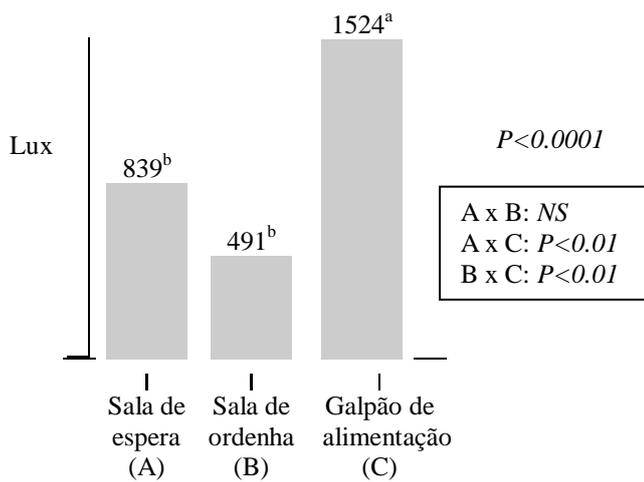


FIGURA 4: Luminosidade média **natural** das diferentes instalações nas fazendas avaliadas (sala de ordenha, sala de espera e galpão de alimentação). Letras diferentes correspondem a diferença estatística.

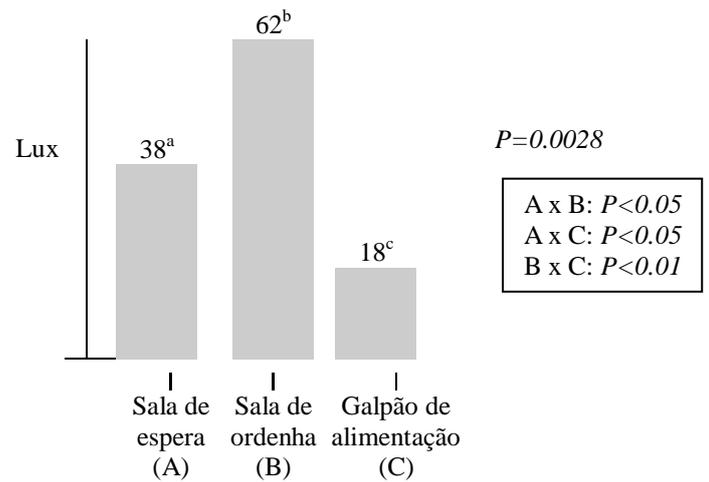


FIGURA 5: Luminosidade média **artificial** das diferentes instalações nas fazendas avaliadas (sala de ordenha, sala de espera e galpão de alimentação). Letras diferentes correspondem a diferença estatística.

As diferenças de luminosidade natural observadas entre instalações das diferentes fazendas avaliadas (Figuras 7) evidenciam que existe situações onde há necessidade de luminosidade artificial suplementar durante o dia, pois requer maior tempo para atingir os 150 lux requeridos conforme o *profiler*, a fim de garantir as 16 horas luminosidade diária.

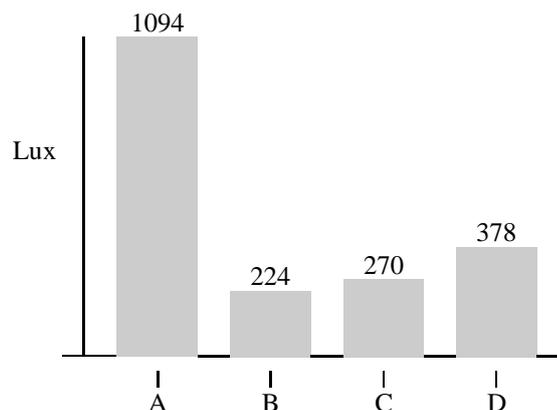


FIGURA 6: Luminosidade média natural da sala de ordenha das 4 fazendas (A, B, C e D).

Na figura 7, a diferença de luminosidade entre salas de espera das fazendas, pode ser explicada pela da menor presença de paredes e estruturas que possam reduzir a entrada de luminosidade natural, porém este fato não impede a possível necessidade de luminosidade artificial durante o dia nas salas de espera.

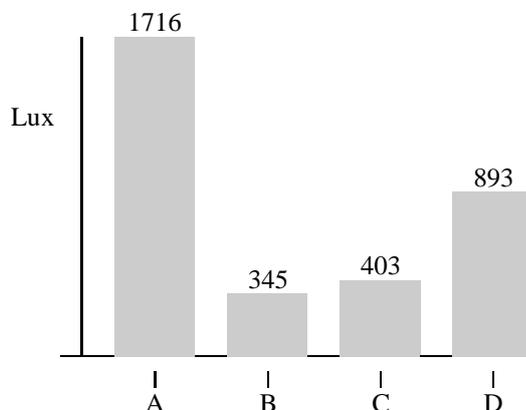


FIGURA 7: Luminosidade média natural da sala de espera das 4 fazendas (A, B, C e D).

Em relação a luminosidade dos galpões de alimentação ou *free-stall*, obteve-se grande variação de luminosidade entre fazendas, inclusive em uma das fazendas obtivemos apenas os resultados do *free-stall* pois em função do número de galpões existentes não foi possível mensurar com o mesmo aparelho e mesmo operador todas as estruturas anteriores. Os resultados podem ser vistos na Figura 9, veja que mesmo no galpão de alimentação que foi o local com maior incidência de luminosidade natural ainda tivemos fazendas com menos de 400 lux durante o período do dia, o que gera oportunidade de suplementação. Também, houve diferença de cerca de 8x entre a maior e a menor luminosidade, fato que nos leva a entender melhor os fatores que causaram esta diferença.

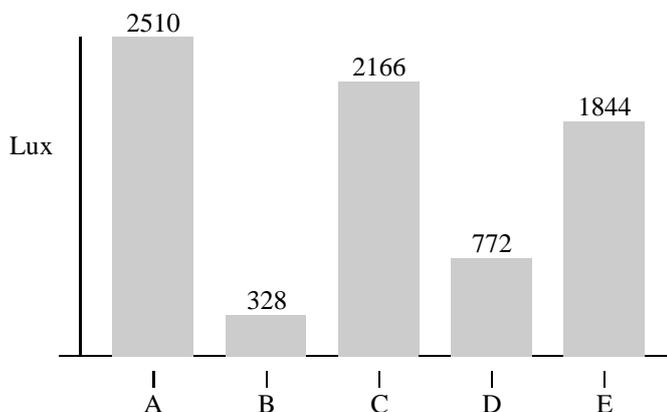


FIGURA 8: Luminosidade média natural do galpão de alimentação ou *free-stall* das 5 fazendas (A, B, C, D e E).

A Figura 9 nos mostra a diferença média de luminosidade natural incidente nos diferentes galpões de alimentação ou *free-stall* avaliados, entre as instalações, fato este que

impacta decisivamente no efeito de fotoperíodo nos animais, embora a menor luminosidade média tenha sido aos 328 lux, em relação a recomendação de 200 lux por Dahl *et al.*, (1998), a instalação irá requerer maior período de tempo ao amanhecer e menos período de tempo ao anoitecer para atingir a luminosidade mínima necessária para gerar efeito positivo aos animais, necessitando assim maior gasto energético com luminosidade artificial antecipada.

Quanto ao tempo de permanência dos animais nas instalações, as figuras 9 e 10 apresentam a luminosidade ao longo do dia no qual os animais foram submetidos.

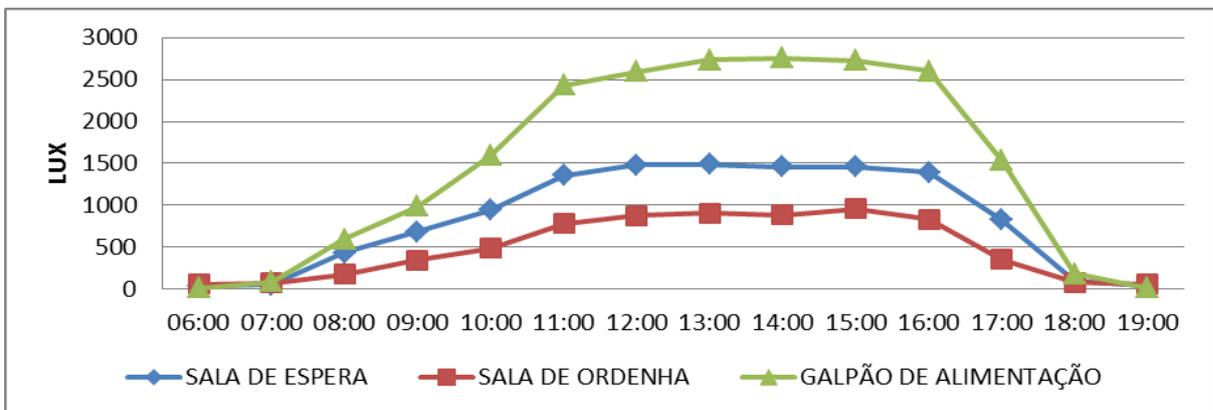


FIGURA 9: Luminosidade **natural** média no qual os animais foram submetidos nas diferentes instalações

Como pode ser visto no gráfico acima, o galpão de alimentação foi o local com maior presença de intensidade luminosa natural ao longo de todo dia, seguido pela sala de ordenha e sala de espera, respectivamente; o que podemos concluir que a sala de ordenha é o ponto de estrangulamento na luminosidade natural dentre as instalações avaliadas.

Na figura 10, podemos observar a luminosidade artificial das diferentes instalações ao longo do dia, sendo que foram evidenciados efeito da luminosidade artificial entre as 18:00pm até 07:00am do dia subsequente.

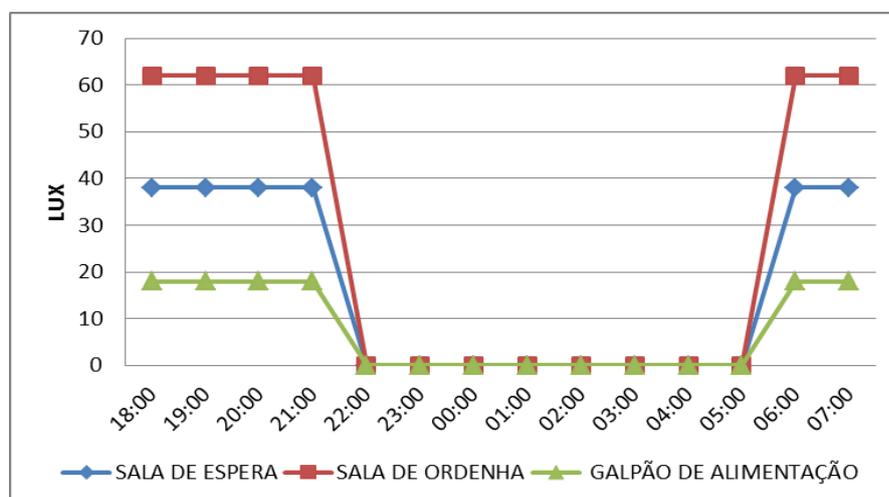


FIGURA 10: Luminosidade **artificial** média no qual os animais foram submetidos nas diferentes instalações

Como pode ser visto no gráfico acima, o galpão de alimentação passou a ser o ponto de estrangulamento da luminosidade artificial das diferentes instalações, seguido da sala de espera e sala de ordenha com maior luminosidade média artificial, respectivamente.

Quando se avaliou o tempo de permanência dos animais sob luminosidade natural e artificial, obteve-se 16,3 horas de luminosidade média imposta aos animais, o qual nos mostra que o tempo de permanência não é o fator limitante para o manejo do fotoperíodo e sim a intensidade luminosa a qual os animais estão expostos.

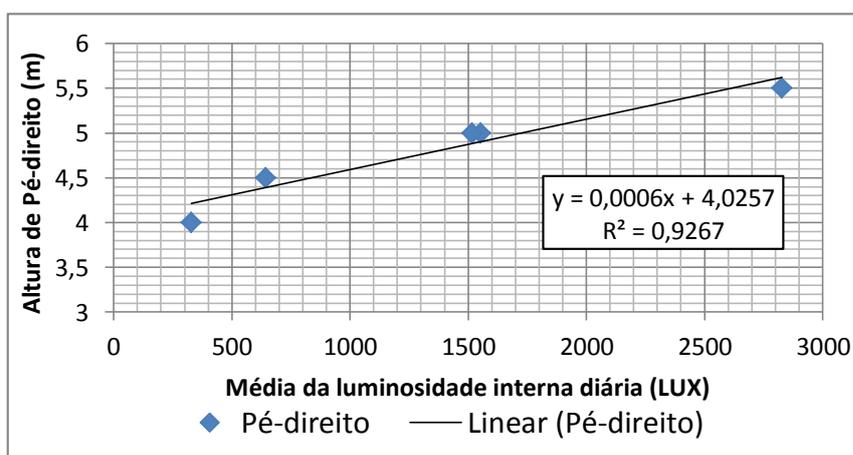


FIGURA 11: Avaliação do coeficiente de correlação entre altura do pé-direito dos galpões de alimentação e/ou free-stall e luminosidade média diária incidente no interior da instalação.

Neste estudo encontrou-se um coeficiente de correlação entre a altura do pé-direito e a luminosidade média incidente ao longo do dia (Figura 11;  $R^2$ : 0,92). Este fato reforça a importância do projeto inicial das construções prever fatores como incidência luminosa natural, a fim de minimizar a necessidade de uso de luminosidade artificial para o manejo de fotoperíodo em vacas em lactação. Não houve correlação entre luminosidade x sistema de produção e luminosidade x tamanho da fazenda (número de animais em ordenha,  $R=0,1$ ).

### 3.3. Projeções

Com base nos resultados acima, é possível projetar a oportunidade de ganho em produção quando corrigido a diferença entre o local de maior luminosidade para os demais locais da fazenda. Isto pode ser visto da tabela 2, que apresenta a oportunidade de aumento de produção oriundo apenas da padronização da luminosidade nas diferentes instalações das fazendas.

TABELA 2: Produção de leite projetada em relação a atual luminosidade média das diferentes instalações nas 5 fazendas e perda estimada de produção em função da diferença de luminosidade entre instalações.

<b>PRODUÇÃO DE LEITE PROJETADA EM FUNÇÃO DA INSTALAÇÃO</b>			
	<b>SALA DE ESPERA</b>	<b>SALA DE ORDENHA</b>	<b>GALPÃO DE ALIMENTAÇÃO</b>
<b>LUX</b>	38	62	18
<b>PRODUÇÃO DE LEITE PROJETADA PELO PROFILER (KG/VACA/DIA)</b>	0,0	0,3587	0,0
<b>DIFERENÇA MAIOR/MENOR (KG/VACA/DIA)</b>	0,3587	-	0,3587
<b>PERDA DE LEITE ESTIMADA PELA INSTALAÇÃO (Litros)</b>			
<b>DIA (Kg)</b>	760	-	760
<b>MÊS (Kg)</b>	23.194	-	23.194
<b>ANO (Kg)</b>	278.323	-	278.323

Na projeção acima, é possível visualizar que os pontos de estrangulamento dos sistemas de luminosidade são as salas de espera e os galpões de alimentação, no qual em relação a luminosidade da sala de ordenha, estas fazendas estão perdendo um total aproximadamente 278.323 litros de leite por ano em função de não atenderem a luminosidade semelhante a encontrada nas salas de ordenha destas mesmas fazendas. Esta perda se agrava quando pensamos que o gasto energético está ocorrendo quase que da mesma forma, porém sem obter qualquer resultado positivo nos animais.

Diante deste cenário, a tabela 3 apresenta a oportunidade de ganho em produção leiteira quando realizado o correto dimensionamento das diferentes instalações para vacas em lactação.

TABELA 3: Produção de leite projetada através do *profiler* em relação a atual luminosidade média das 5 fazendas e perda estimada de produção em função da diferença de luminosidade em relação a correta recomendação de intensidade luminosa.

<b>PRODUÇÃO DE LEITE PROJETADA 150 LUX x ATUAL</b>		
	<b>RECOMENDADO</b>	<b>ATUAL**</b>
<b>LUX</b>	150	18
<b>PRODUÇÃO DE LEITE PROJETADA PELO PROFILER (KG/VACA/DIA)</b>	2,1723	-
<b>DIFERENÇA (KG/VACA/DIA)</b>	2,1723	-
<b>PERDA DE LEITE ESTIMADA*</b>		
<b>DIA (Kg)</b>	6.452	-
<b>MÊS (Kg)</b>	196.778	-
<b>ANO (Kg)</b>	2.361.334	-

\*: Todo rebanho avaliado (3.000 vacas em lactação);

\*\* : Instalação limitante atual apresenta 18 lux (galpão de alimentação).

Em função da menor intensidade luminosa, a principal instalação limitante para o estímulo de produção são os galpões de alimentação e/ou *free-stall*, no qual atuam como determinante direto no efeito ao fotoperíodo dos animais, visto que, por apresentar a menor luminosidade torna-se o ponto de estrangulamento do sistema de estímulo a produção através

da suplementação luminosa. Como pode se visto na tabela 3, temos uma oportunidade de ganho em produção de leite de aproximadamente 2,17kg/vaca/dia quando oferecemos 150 lux por 16 horas, porém, atualmente nas fazendas avaliadas, a suplementação ocorre por 16 horas a 18 lux nesta instalação, conforme figura 6, o que causa uma oportunidade de aumento de produção significativo caso corrigíssemos 150 lux; totalizando aproximadamente 2.361.334 litros/ano em 5 fazendas com um total de 3.000 vacas em lactação. Estes aumentos de produção concordam com os observados por Peters, *et al.* (1978), Marcek *et al.* (1984) e Bilodeau *et al.*, (1989), com resposta em aumento de produção de 1,8, 1,8 e 2,0 kg/vaca/dia, respectivamente; o que gerou aumento significativo no faturamento das fazendas.

#### 4. CONCLUSÃO

Atualmente a luminosidade das instalações está aquém do requerimento mínimo para estímulo a produção. Dentre as fazendas avaliadas existe uma grande oportunidade, cerca de 787 kg de leite/vaca/ano, para aumento de produção, corrigindo o manejo de fotoperíodo a qual as vacas em lactação são submetidas.

#### COMITE DE ÉTICA E BIOSSEGURANÇA

O trabalho foi realizado e aprovado de acordo com os princípios adotados pelo conselho de ética do uso de animais da Universidade de Cruz Alta.

#### REFERÊNCIAS

- Auchtung, T.L., P.E. Kendall, J. Salak-Johnson, T.B. McFadden e G.E. Dahl. 2003. Photoperiod and bromocriptine treatment effects on expression of prolactin receptor mRNA in bovine liver, mammary gland and peripheral blood lymphocytes. **J. Endocrinol.** 179:347-356.
- Auchtung, T.L. e G.E. Dahl. 2004a. Prolactin mediates photoperiodic immune enhancement: Effects of administration of exogenous prolactin on circulating concentrations, receptor expression, and immune function in steers. **Biol. Reprod.** 71:1913-1918.
- Auchtung, T.L., J.L. Salak-Johnson, D.E. Morin, C.C. Mallard, e G.E. Dahl. 2004b. Effects of photoperiod during the dry period on cellular immune function of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 87:3683-3689.
- Auchtung, T.L., A.G. Rius, P.E. Kendall, T.B. McFadden e G.E. Dahl. 2005. Effects of photoperiod during the dry period on prolactin, prolactin receptor and milk production of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 88: 121-127.
- Barrington G.M., T.E. Besser, C.C. Gay, W.C. Davis, J.J. Reeves, T.B. McFadden, e R.M. Akers. 1999. Regulation of the immunoglobulin G1 receptor: effect of prolactin on in vivo expression of the bovine mammary immunoglobulin G1 receptor. **J. Endocrinol.** 163:25-31.

- Bilodeau, P. P., D. Petitclerc, N. St. Pierre, G. Pelletier, e G. J. St. Laurent. 1989. Effects of photoperiod and pair-feeding on lactation of cows fed corn or barley grain in total mixed rations. **J. Dairy Sci.** 72:2999–3005.
- Collier R. J., G. E. Dahl, and M. J. VanBaale. 2006. Major Advances Associated with Environmental Effects on Dairy Cattle. **J. Dairy Sci.** 89:1244–1253
- Cook, N.e Gomez, A. 2010. Time budgets of lactating dairy cattle in commercial freestall herds. **J Dairy Sci**, 93(12), 5772-5781
- Dahl, G.E., T.H. Elsasser, A.V. Capuco, R.A. Erdman e R.R. Peters. 1997. Effects of long daily photoperiod on milk yield and circulating insulin-like growth factor-1 (IGF-1). **J. Dairy Sci.** 80:2784-2789.
- Dahl, G.E., B.A. Buchanan e H.A. Tucker. 2000. Photoperiodic effects on dairy cattle: A review. **J. Dairy Sci.** 83:885-893.
- Dahl G. E., S. Tao e I. M. Thompson. 2012. Effects of photoperiod on mammary gland development and lactation. **J. Anim. Sci.** 2012. 90:755–760
- Dahl, G.E. e D. Petitclerc. 2003. Management of photoperiod in the dairy herd for improved production and health. **J. Anim. Sci.** 81(Suppl. 3):11-17.
- Dahl, G.E. Efeito do fotoperíodo na produtividade e saúde de vacas leiteiras. 2010. *In: XIV Curso Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos*. Uberlândia-MG, Brasil.
- Dowell, S. F. 2001. Seasonal variation in host susceptibility and cycles of certain infectious diseases. **Emerg. Infect. Dis.**, 7: 369–374.
- Dunlap T. F., Kohn R. A., Dahl G. E. 2000. The Impact of Somatotropin, Milking Frequency, and Photoperiod on Dairy Farm Nutrient Flows. **J Dairy Sci** 83:968–976.
- ESALQ – **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, São Paulo, 2014. Disponível em <<http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce306/fotoperiodo.html>>. Acesso em 21 junho de 2012.
- Evans, N. M., e R. R. Hacker. 1989. Effect of chronobiological manipulation of lactation in the dairy cow. **J. Dairy Sci.** 72:2921–2927.
- Goodman, D., Sorj, B., Wilkinson, J., **Da Lavoura às Biotecnologias: agricultura e indústria no sistema internacional**. Rio de Janeiro, Campus. 2008
- Hansen, P. J. 1985. Seasonal modulation of puberty and the postpartum anestrus in cattle: a review. **Livest. Prod. Sci.** 12:309-327.
- Hansen, P. J., L. A. Kamwanja, e E. R. Hauser. 1982. The effect of photoperiod on serum concentrations of luteinizing and follicle stimulating hormones in prepubertal following ovariectomy and estradiol injection. **Theriogenology** 18:551–559.
- Hansen, P. J., L. A. Kamwanja, e E. R. Hauser. 1983. Photoperiod influences age at puberty of heifers. **J. Anim. Sci.** 57:985–992.
- IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. SIDRA – Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em 22 junho de 2012.
- Johnson, M. H. 2007. **Essential Reproduction**, Sixth edition. Blackwell Publishing, U.S.A.
- Mehmet A. B., Greg B. P., Masahito O., e Alma D. K.. 2008. Effects of dim light at night on milk yield, milk composition and endocrine profile of lactating dairy cows. **Can. J. Anim. Sci.** 88: 609-612.
- Kashiwamura, F., *et al.* Relationship between photoperiod and seasonality of milk production in dairy cattle. In: **Animal Feed Science and Technology**. 1991. vol. 62, p. 1156-1158.

- Kendall, P.E., T.L. Auchtung, K.S. Swanson, R.P. Radcliff, M.C. Lucy, J.K. Drackley e G.E. Dahl. 2003. Effect of photoperiod on hepatic growth hormone receptor 1A expression in steer calves. **J. Anim. Sci.** 81:1440-1446.
- Marcek, J. M., e L. V. Swanson. 1984. Effect of photoperiod on milk production and prolactin of Holstein dairy cows. **J. Dairy Sci.** 67:2380–2388.
- Miller, A.R.E., E.P. Stanisiewski, R.A. Erdman, L.W. Douglass e G.E. Dahl. 1999. Effects of long daily photoperiod and bovine somatotropin (Trobect®) on milk yield in cattle. **J. Dairy Sci.** 82:1716-1722.
- Miller, A.R.E., L.W. Douglass, R.A. Erdman e G.E. Dahl. 2000. Effects of photoperiodic manipulation during the dry period of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 83:962-967.
- Milkpoint – Levantamento Top 100 – Os 100 maiores produtores de leite do Brasil, 2013. Disponível em <http://www.milkpoint.com.br/top100/final/2013/>. Acesso em 22 de abril de 2013.
- Morin, D.E., S.J. Nelson, E.D. Reid, D. Nagy, G.E. Dahl e P.D. Constable. 2010. Effect of colostral volume, interval between calving and milking, and photoperiod on colostral IgG concentration in dairy cows. **J. Am. Vet. Med. Assoc.** In press.
- Plaut, K., D. E. Bauman, N. Agergaard, e R. M. Akers. 1987. Effect of exogenous prolactin administration on lactational performance of dairy cows. **Domest. Anim. Endocrinol.** 4:279–290.
- Plath-Gabler A, Gabler C, Sinowatz F, Berisha B, Schams D. The expression of the IGF family and GH receptor in the bovine mammary gland. **J Endocrinol.** 2001;168:39–48
- Peters, R. R., L. T. Chapin, R. S. Emery, e H. A. Tucker. 1980. Growth and hormonal response of heifers to various photoperiods. **J. Anim. Sci.** 51:1148–1153.
- Peters, R. R., L. T. Chapin, R. S. Emery, e H. A. Tucker. 1981. Milk yield, feed intake, prolactin, growth hormone, and glucocorticoid response of cows to supplemental light. **J. Dairy Sci.** 64:1671–1678.
- Peters, R. R., L. T. Chapin, K. B. Leining, e H. A. Tucker. 1978. Supplemental lighting stimulates growth and lactation in cattle. **Science** 199:911-912.
- Petitclerc, D., R. R. Peters, L. T. Chapin, W. D. Oxender, K. R. Refsal, R. K. Braun, e H. A. Tucker. 1983. Effect of blinding and pinealectomy on photoperiod and seasonal variations in secretion of prolactin in cattle. **Proc. Soc. Exp. Biol. Med.** 174:205–211.
- Phillips, C.J.C., e S. A. Schofield. 1989. The effect of supplementary light on the production and behavior of dairy cows. **Anim. Prod.** 48:293–303.
- Reid, E.D., R.L. Wallace, T.B. McFadden e G.E. Dahl. 2004. The effects of a 21-day short day photoperiod treatment during the dry period on dry matter intake and subsequent milk production in cows. **J. Anim. Sci.** 82(Suppl. 1):424. Abstract 784.
- Reksen, O., A. Tverdal, K. Lansverk, E. Kommisrud, K. E. Boe, e E. Ropstad. 1999. Effects of photointensity and photoperiod on milk yield and reproductive performance of Norwegian red cattle. **J. Dairy Sci.** 82:810–816.
- Rius, A.G., E.E. Connor, A.V. Capuco, P.E. Kendall, T.L. Auchtung-Montgomery, e G.E. Dahl. 2005. Long day photoperiod that enhances puberty does not limit body growth in Holstein heifers. **J. Dairy Sci.** 88:4356-4365.
- SAS Institute Inc. 2013. **JMP® Statistical Discovery** . Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Spicer, L. J., B. A. Buchanan, L. T. Chapin, e H. A. Tucker. 2007. Effect of exposure to various durations of light on serum insulin-like growth factor-I in prepubertal Holstein heifers. **Am. J. Anim. Vet. Sci.** 2:42–45.
- Stanisiewski, E. P., R. W. Mellenberger, C. R. Anderson, and H. A. Tucker. 1985. Effect of photoperiod on milk yield and milk fat in commercial dairy herds. **J. Dairy Sci.** 68:1134–1140.
- Stanisiewski, E. P., L. T. Chapin, N. K. Ames, S. A. Zinn, e H. A. Tucker. 1988. Melatonin and prolactin

concentrations in blood of cattle exposed to 8, 16 or 24 hours of daily light. **J. Anim. Sci.** 66:727–734.

Velasco J. M., Reid E. D., Fried K. K., Gressley T. F., Wallace R. L., e Dahl G. E. 2008. Short-Day Photoperiod Increases Milk Yield in Cows with a Reduced Dry Period Length. **J. Dairy Sci.** 91:3467–3473

Wall, E. H., T. L. Auchtung-Montgomery, G. E. Dahl, e T. B. McFadden. 2005. Short Communication: Short day photoperiod during the dry period decreases expression of suppressors of cytokine signaling in the mammary gland of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 88:3145–3148.