



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE
E BIOTECNOLOGIA - REDE BIONORTE**



**ÍNDICE DE ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL: NOVO MÉTODO
DE AVALIAÇÃO ZOOTÉCNICA DE REBANHOS LEITEIROS**

RHUAN AMORIM DE LIMA

Porto Velho - RO
2022

RHUAN AMORIM DE LIMA

**ÍNDICE DE ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL: NOVO MÉTODO
DE AVALIAÇÃO ZOOTÉCNICA DE REBANHOS LEITEIROS**

Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE, na Fundação Universidade Federal de Rondônia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Francisco Machado Pfeifer

Porto Velho - RO
AGOSTO/2022

Catálogo da Publicação na Fonte
Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR

L732i Lima, Rhuan Amorim de.

Índice de escore de condição corporal: novo método de avaliação zootécnica de rebanhos leiteiros / Rhuan Amorim de Lima. - Porto Velho, 2022.

91 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Francisco Machado Pfeifer.

Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, Fundação Universidade Federal de Rondônia.

1. ECC. 2. Balanço energético. 3. Produção de leite. 4. iECC. 5. Fertilidade. I. Pfeifer, Luiz Francisco Machado. II. Título.

Biblioteca Central

CDU 636.2(043)

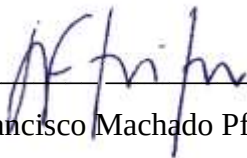
RHUAN AMORIM DE LIMA

**ÍNDICE DE ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL: NOVO MÉTODO
DE AVALIAÇÃO ZOOTÉCNICA DE REBANHOS LEITEIROS**

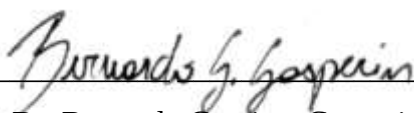
Tese de doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE, na Fundação Universidade Federal de Rondônia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biotecnologia.

Aprovada em 26 / 08 / 2022

Banca examinadora



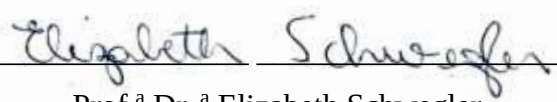
Prof. Dr. Luiz Francisco Machado Pfeifer (Orientador)



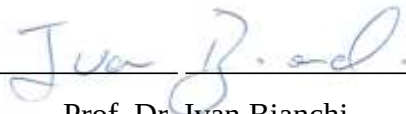
Prof. Dr. Bernardo Garziera Gasperin



Prof.^a Dr.^a Ana Karina Salman



Prof.^a Dr.^a Elizabeth Schwegler



Prof. Dr. Ivan Bianchi

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado vida, saúde, oportunidades e pela força para alcançar mais esta vitória.

Ao Professor Dr. Luiz Francisco Machado Pfeifer que abriu as portas para meu ingresso no programa de pós-graduação, pelo crédito em mim depositado, pelas orientações concedidas guiando meu caminho acadêmico, e que diante dos percalços do caminho proporcionou soluções e alternativas para que eu pudesse concluir o doutoramento.

À minha esposa e companheira, Joelma Thebas, pelo apoio, paciência, dedicação e amor.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte, em especial a coordenação estadual de Rondônia.

À minha família, que mesmo a distância guardo sempre em meus pensamentos e orações.

Aos proprietários e colaboradores da fazenda fonte dos dados do trabalho.

A todos os professores e mestres que fizeram parte da minha formação acadêmica e pessoal.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram e torceram pela realização desse projeto.

A todos MUITO OBRIGADO!



“Não existe um caminho para a felicidade. A felicidade é o caminho”.

Thich Nhat Hanh

RESUMO

A avaliação visual do escore de condição corporal (ECC) é um método prático, barato e fornece uma estimativa das reservas de energia corporal dos bovinos, apesar disso a adoção da mensuração do ECC ainda não é rotina em grande parte das propriedades de leite. A limitação da adoção pode estar na dificuldade em interpretar e transformar os valores de ECC em informações capazes de orientar os manejos nutricional e reprodutivo. Neste contexto o Índice de Escore de Condição Corporal (iECC) demonstra-se como potencial ferramenta para orientar o manejo do rebanho visando maximizar a expressão do potencial produtivo dos animais. A hipótese deste trabalho é que a utilização do iECC como parâmetro para tratar os dados de ECC e orientar o manejo nutricional e reprodutivo de rebanhos leiteiros otimiza os resultados produtivos e reprodutivos. No primeiro estudo objetivou-se comparar a produção de leite e os parâmetros metabólicos entre vacas com baixo, adequado e alto ECC ao parto. Este estudo foi conduzido com 35 vacas da raça Girolando e demonstrou que animais com ECC adequado ao parto apresentaram maior produção de leite e melhor condição metabólica em relação às vacas com alto ECC que, em geral, não diferiram das vacas com baixo ECC. Outro estudo utilizando dados de 731 fêmeas, foi conduzido com o objetivo de comparar a performance reprodutiva e a produção de leite entre vacas holandesas com o ECC dentro, acima e abaixo das recomendações do iECC. Neste segundo estudo vacas classificadas com ECC dentro das recomendações do iECC constituíram o grupo de animais que apresentaram simultaneamente maior produção de leite e, de maneira geral, melhores resultados reprodutivos, demonstrando assim o iECC como alternativa viável para direcionar manejos nutricionais visando otimizar os resultados produtivos de rebanhos leiteiros. Com intuito de avaliar possibilidade de simplificar o cálculo do iECC, um terceiro estudo foi conduzido com o objetivo de comparar a performance reprodutiva e a produção de leite entre vacas com o ECC Recomendado e vacas com ECC Alvo segundo as recomendações do iECC. Neste estudo, vacas classificadas com ECC Recomendado e ECC Alvo não apresentaram diferenças na produção de leite e na eficiência reprodutiva. Dessa forma observou-se que restringir a recomendação do ECC a uma unidade de ECC específica (ECC Alvo), não se revelou mais eficiente do que quando a recomendação de ECC é feita dentro de um intervalo de ECC maior (ECC recomendado). De maneira conjunta, os resultados destes estudos contribuíram para validação

do iECC como alternativa eficaz para trabalhar os dados de ECC, bem como possibilitaram uma simplificação na metodologia de cálculo do iECC tornando-o um método ainda mais acessível para direcionar manejos nutricionais visando otimizar os resultados produtivos de rebanhos leiteiros.

Palavras-chave: ECC; Balanço energético; Produção de leite; iECC; Fertilidade.

LIMA, Rhuan Amorim de. **Body condition score index: new method of zootechnical evaluation of dairy herds**. 2022. 91f. Thesis (Doctorate in Biotechnology) Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2022.

ABSTRACT

Visual assessment of the body condition score (BCS) is a practical, inexpensive method and provides an estimate of the bovine body energy reserves, although the adoption of the ECC measurement is still not routine in most dairy farms. The limitation of adoption may be the difficulty in interpreting and transforming the BCS values into information capable of guiding nutritional and reproductive management. In this context, the Body Condition Score Index (BCSi) proves to be a potential tool to guide the management of the herd in order to maximize the expression of the productive potential of the animals. The hypothesis of this work is that the use of the BCSi as a parameter to process the BCS data and guide the nutritional and reproductive management of dairy herds optimizes the productive and reproductive results. In the first study, we sought to compare milk production and metabolic parameters of cows with low, adequate and high BCS at calving. This first study was conducted with 35 Girolando cows and demonstrated that cows with BCS adequate for calving had higher milk production and better metabolic condition compared to cows with high BCS, which, in general, did not differ from cows with low BCS. Another study was conducted with a larger number of animals, 731 females, with the objective of comparing reproductive performance and milk production among Holstein cows with BCS within, above and below the BCSi recommendations. In this second study, cows classified with BCS within the recommendations of the BCSi constituted the group of animals that simultaneously presented higher milk production and, in general, better reproductive results, demonstrating the BCSi as a viable alternative to direct nutritional managements aiming to optimize productive results of dairy herds. In order to evaluate the possibility of simplifying the BCSi calculation, a third study was conducted with the objective of comparing reproductive performance and milk production between cows with Recommended BCS and cows with Target BCS according to the BCSi recommendations. In this study, cows classified as BCS Recommended and BCS Target did not show differences in milk production and reproductive efficiency. Thus, we observed that restricting the BCS recommendation to a specific BCS unit (Target BCS) did not prove to be more efficient than when the BCS recommendation is made within a larger BCS range (Recommended BCS). Together, the results of these studies contributed to BCSi validation as an effective alternative to working with BCS data, as well as allowing a simplification in the BCSi calculation

methodology, making it an even more accessible tool to direct nutritional managements aiming to optimize productive results of dairy herds.

Key words: BCS; Energetic balance; Milk production; BCSi; Fertility.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

- Figura 1.** Quadro de referências para avaliação de ECC segundo Edmonson *et al.* (1989).....22
- Figura 2.** Exemplo do local de posicionamento do Vetscore® para avaliação.....23
- Figura 3.** Representação da leitura da condição corporal no visor do Vetscore®.....24

ARTIGO 1

- Figure 1.** Daily milk production (A), body condition score (B) in Girolando cows with Low, Adequate and High BCS.....38
- Figure 2.** Live weight (A), internal angle of the rump (B), and plasma β -hydroxybutyrate concentration (β HB; C) in Girolando cows with Low, Adequate and High BCS...39

ARTIGO 2

- Figura 1.** Médias do ECC em diferentes fases de lactação de vacas primíparas (A) e múltíparas (B) em função da classificação da adequação do ECC ao Índice de Escore de Condição Corporal (média $\pm$ erro padrão da média)52
- Figura 2.** Perda de ECC entre parto e 50 dias em lactação para vacas primíparas (A) e múltíparas (B) por classificação de adequação do ECC ao Índice de Escore de Condição Corporal.....53
- Figura 3.** Produção de leite de vacas múltíparas (A) e primíparas (B) em função da classificação do Índice de Escore de Condição Corporal.....54
- Figura 4.** Curva de sobrevivência para o efeito da classificação de iECC sobre o intervalo de dias para prenhez em vacas holandesas múltíparas (A) e primíparas (B)55

ARTIGO 3

- Figura 1.** Produção de leite de vacas primíparas (A) e múltíparas (B) em função da classificação do ECC73

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1. Recomendação do escore de condição corporal por fase de lactação segundo metodologia do Índice de Escores de Condição Corporal.....	27
--	-----------

ARTIGO 1

Table 1. Recommended BCS for each lactation phase.....	37
Table 2. BCS loss and DIM of the nadir of BCS after calving in crossbred dairy cows with Low, Adequate and High BCS.....	39

ARTIGO 2

Tabela 1. Número de animais e média do ECC ao parto de vacas primíparas e multíparas (média±erro padrão da média)	51
Tabela 2. Índice de Escore de Condição Corporal (iECC) e proporção de vacas em escore adequado (PVEA) ao parto calculados para o rebanho, para as vacas primíparas e para vacas multíparas.....	53
Tabela 3. Intervalo entre partos (IEP), taxa de prenhez à primeira inseminação (P1IA) e número de serviços por concepção (SPC) para vacas multíparas e primíparas por classificação do Índice de Escore de Condição Corporal	56

ARTIGO 3

Tabela 1. Número de animais e média do ECC ao parto de vacas primíparas e multíparas (média±erro padrão da média)	73
Tabela 2. Valores de intervalo entre partos, taxa de prenhez à primeira inseminação e número de serviços por concepção para vacas multíparas e primíparas e por classificação do ECC.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGNE – Ácidos graxos não esterificados
AIG – Ângulo interno da garupa
BCS – Body condition score
BCSi – Body condition score index
BEN – Balanço energético negativo
 β HB – β -hydroxibutirato
CAF – Ciclos de alta fertilidade
CC – Condição corporal
DECC – Diferença de escore de condição corporal
DEL – Dias em lactação
DIM – Days in milk
ECC – Escore de condição corporal
EGS – Espessura da gordura subcutânea
GH - Hormônio do crescimento
IA – Inseminação artificial
IAR – Internal angle of the rump
IATF – Inseminação artificial em tempo fixo
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
iECC – Índice de escore de condição corporal
IEP – Intervalo entre partos
IGF-1 - Fator de crescimento semelhante à insulina
IMS – Ingestão de matéria seca
LH – Hormônio luteinizante
LW – Live weight
NAE – Nível de adequação do escore de condição corporal
P1IA - Taxa de prenhez à primeira inseminação
P/IA – Prenhez por inseminação
PP – Pós-parto
PPP – Período pós-parto

PV – Peso vivo

PVEA – Proporção de animais com escore de condição corporal adequado

RAL – Retorno da atividade lútea

SPC – Número de serviços por concepção

TMR – Ração total misturada

Δ ECC 0-50 – Perda de escore de condição corporal entre os dias 0 e 50 pós-parto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. OBJETIVO.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1. PERÍODO DE TRANSIÇÃO E BALANÇO ENERGÉTICO NEGATIVO.....	16
2.2. MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DAS RESERVAS ENERGÉTICAS	
CORPORAIS.....	20
2.3. IECC.....	26
2.4. INTERAÇÕES ENTRE A CONDIÇÃO CORPORAL E ASPECTOS PRODUTIVOS	
E REPRODUTIVOS.....	29
3. CAPÍTULOS	
3.1. ARTIGO 1.....	32
3.2. ARTIGO 2.....	45
3.3. ARTIGO 3.....	65
4. CONCLUSÃO.....	81
5. REFERÊNCIAS.....	82

1. INTRODUÇÃO

A bovinocultura leiteira é um dos segmentos mais relevantes da agropecuária brasileira com significativa participação na economia nacional, apresentando valor bruto da produção aproximado de 51,7 bilhões de reais (MAPA, 2022). Somente no ano de 2020, foram produzidos cerca de 35,4 bilhões de litros de leite no Brasil (IBGE, 2021), sendo este um alimento largamente empregado na dieta de pessoas em todo o mundo, o consumo mundial de leite e derivados é estimado em 12×10^7 toneladas em 2022 (OECD –FAO, 2022). O leite e alguns dos seus derivados são reconhecidos como alimentos de alto valor nutritivo desde 4.000 a.C., sendo hoje componentes chave das recomendações dietéticas por agências governamentais e organizações de saúde pública em todo o mundo (Comeford *et al.*, 2021). O leite de vaca contém mais vitaminas e minerais essenciais exigidos pelos seres humanos do que qualquer outro alimento (Patton, 2004).

Nas últimas décadas, a cadeia produtiva de leite brasileira tem sofrido um estreitamento na relação custo/retorno, em parte, resultado da competitividade de outros mercados e cadeias produtivas. Diante dessa realidade, fica reduzido, se não inviabilizado, o espaço para improvisações e negligências nos processos produtivos, sendo que em todas as etapas de produção a busca pela eficiência deve nortear o processo.

No Brasil são encontrados diversos sistemas de produção com diferentes graus de especialização e tecnificação, que vão dos mais extensivos aos intensivos. Embora a produtividade média da cadeia leiteira seja baixa, a atividade mantém lugar de destaque no cenário agropecuário com grande potencial de crescimento. A melhoria de produtividade da cadeia passa pela tecnificação dos sistemas produtivos, onde um dos grandes gargalos ainda é o manejo alimentar. O adequado manejo nutricional para cada fase do ciclo produtivo da fêmea bovina pode representar grandes avanços em produtividade. Neste mesmo sentido, independente do sistema de produção, é imprescindível cuidados de manejo que visem garantir a saúde das vacas durante todas as fases de lactação (Mota *et al.*, 2006).

O período de transição, compreendido entre três semanas antes e três semanas após o parto (Grummer, 1995; Head e Gulay, 2001), é uma fase desafiadora no ciclo produtivo das vacas leiteiras. Neste período há, em conjunto com as alterações metabólicas, um aumento da demanda de nutrientes para desenvolvimento final do feto, para produção de colostro e lactogênese, que adicionados a reduzida ingestão de matéria seca (IMS) no período, geram um déficit nutricional resultando em balanço energético negativo (BEN) (Jorritsma *et al.*, 2002; Tedesco *et al.*, 2004; Campos *et al.*, 2007). O controle dos níveis e da intensidade das oscilações

das reservas corporais é um importante fator de manejo, influenciando a saúde, a produção de leite e a reprodução em vacas leiteiras (Stockdale, 2001; Buckley *et al.*, 2003, Ribeiro *et al.*, 2013). Nesse sentido, avaliar o balanço energético (BE) pode contribuir no monitoramento da saúde, produção e reprodução de vacas leiteiras (Heuer *et al.*, 1999; Pryce *et al.*, 2001; Berry *et al.*, 2006; Roche *et al.*, 2007). Contudo, um dos desafios dos sistemas de produção é como avaliar de forma prática, rápida e eficiente o BE de vacas leiteiras.

A avaliação visual do escore de condição corporal (ECC) é um método prático, barato e fornece uma estimativa das reservas de energia corporal. Apesar do uso do ECC como ferramenta de manejo do rebanho leiteiro ser conhecido desde a década de 1970 (Lowman *et al.*, 1976) e de vasta literatura que valida sua importância, a adoção da mensuração do ECC ainda não é rotina na totalidade dos rebanhos. A dificuldade de adoção pode estar na necessidade de avaliar periodicamente cada animal do rebanho ou ainda pode residir na dificuldade em interpretar e transformar os valores de ECC em informações e, consequentemente, ações e manejos. No intuito de automatizar o processo de coleta de dados do ECC, realizado preponderantemente de maneira visual, subjetiva e operador dependente, a empresa DeLaval® desenvolveu a DeLaval BCS®, uma câmera de avaliação de ECC que se propõem a automatizar o processo e minimizar as imperfeições da avaliação subjetiva. Em relação ao tratamento e uso dos dados do ECC, o desafio persiste, pois, utilizar médias para o ECC que é um dado qualitativo, pode gerar interpretações equivocadas e induzir a erros de manejo ou levar a subestimação de falhas principalmente no manejo nutricional com consequentes efeitos negativos em todo sistema de produção.

Tendo em vista a importância de manejar o ECC das vacas em todas as fases de produção (do início da lactação até o período seco), é importante criar métodos robustos que permitam o tratamento e uso dos dados de ECC para tomada de decisões mais adequadas no manejo nutricional e reprodutivo do rebanho. Neste contexto, o Índice de Escore de Condição Corporal (iECC) demonstra-se como potencial ferramenta para orientar o manejo do rebanho visando maximizar a expressão do potencial produtivo dos animais. A hipótese deste estudo é que a utilização do iECC como parâmetro para tratar os dados de ECC e orientar o manejo nutricional e reprodutivo de rebanhos leiteiros otimiza os resultados produtivos e reprodutivos.

1.1. Objetivo

Avaliar a relação entre a adequação do ECC às recomendações do iECC, a produção de leite e a performance reprodutiva de fêmeas bovinas leiteiras.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Período de transição e balanço energético negativo

Nos animais, em especial nos mamíferos, os complexos mecanismos de regulação dos processos fisiológicos têm como principal objetivo, em um conceito mais amplo, a manutenção do bem-estar do indivíduo independentemente da situação fisiológica e desafios ambientais enfrentados. A lactação é um estado biológico no qual os processos de regulação fisiológica têm especial relevância, pois a fêmea necessita direcionar nutrientes para sustentar a síntese do leite, garantindo assim a sobrevivência do neonato bem como manter sua própria saúde e bem-estar. Para tanto, significativos ajustes fisiológicos ocorrem nas fêmeas bovinas próximo ao parto e em sua sequência. Ajustes metabólicos, endócrinos, anatômicos e comportamentais que preparam a fêmea para o parto e a lactogênese, são alterações que balizam a transição fisiológica de um estado gestante e não lactante para um estado lactante e não gestante.

A saúde de uma vaca depende da regulação contínua e ininterrupta do uso de nutrientes e dos processos biológicos, a coordenação destes processos é elemento chave das adaptações fisiológicas que ocorrem para sustentar a lactação. Estes processos de regulação fisiológica ocorrem, por dois tipos de mecanismos, homeostase e homeorrese. O conceito de homeostase foi descrito por Cannon (1929) como a condição de relativo equilíbrio que resulta de ajustes dinâmicos e coordenados do organismo às mudanças ambientais. Os controles homeostáticos agem em respostas imediatas, momento a momento, para que diferentes tecidos e órgãos estejam atuando de forma sincrônica para manter o equilíbrio fisiológico ainda que sob desafios do ambiente externo.

O conceito de homeorrese foi designado inicialmente para tratar das regulações de processos fisiológicos durante a gestação e lactação, sendo posteriormente estendido para outros estados fisiológicos. A homeorrese foi definida por Bauman e Currie (1980) como “mudanças orquestradas para prioridades de um estado fisiológico”. Logo, deve ser compreendida como as adequações fisiológicas e metabólicas que ocorrem relacionadas a um estado fisiológico dominante, a exemplo da lactação ou uma situação crônica. Aspecto chave para diferenciar as respostas homeostáticas e homeorréticas é a duração dos processos e respostas regulatórias. Na regulação homeostática ocorrem processos e ajustes com natureza mais imediata e momentânea, ao passo que a regulação homeorrética operam em uma base de longo prazo. As respostas homeorréticas têm ação simultânea e coordenada em distintos tecidos e sistemas, e envolve a alteração das respostas teciduais a sinais homeostáticos, com capacidade

de aumentar ou diminuir a sensibilidade e/ou a responsividade à sinais hormonais alterando respostas biológicas ainda que os processos homeostáticos se mantenham ativos (Baumgard *et al.*, 2017).

Controles do tipo homeorréticos estão diretamente relacionados aos ajustes metabólicos do período de transição e auxiliam na priorização energética para suprir as demandas nutricionais da glândula mamária para síntese de leite (Bauman, 2000). O período de maior intensidade destas mudanças é compreendido entre três semanas antes e três semanas após o parto, e denominado período de transição (Grummer, 1995; Head e Gulay, 2001). Neste período há, em conjunto com as alterações metabólicas, um aumento da demanda de nutrientes para desenvolvimento final do feto, para produção de colostro e lactogênese, que adicionados a reduzida ingestão de matéria seca (IMS) no período, geram um déficit nutricional resultando em balanço energético negativo (BEN) (Jorritsma *et al.*, 2002; Tedesco *et al.*, 2004; Campos *et al.*, 2007).

O BEN em vacas leiteiras no período de transição é uma fase desafiadora no ciclo produtivo do animal, inicia-se alguns dias antes do parto e se amplia rapidamente após a parição, cerca de uma a duas semanas, com o aumento da produção de leite em ritmo superior ao da IMS (Grummer, 2006). A necessidade energética de uma vaca leiteira no período de transição pode aumentar em aproximadamente 150% a demanda de glicose (Reynolds *et al.*, 2003). Em vacas de alta produção, a demanda energética total pode ter acréscimo ainda maior, aumentando em até quatro vezes no início da lactação (Bell, 1995; Bauman, 2000).

A redução da IMS no período de transição é resultado de uma série de alterações fisiológicas. Anteriormente acreditava-se que a redução estaria relacionada a questões anatômicas, como a compressão do rúmen pelo útero gestante em grandes dimensões (Ingvarsen e Andersen, 2000). Todavia essas alterações de volume e anatomia teriam pouca relevância no período de transição (Park *et al.*, 2001), estando a redução de IMS principalmente relacionada às alterações hormonais e metabólicas (Grummer *et al.*, 1990; Drackley *et al.*, 2005). A redução da IMS pode ainda ser agravada em fêmeas com alto escore de condição corporal ao parto, ampliando o BEN e o risco do desenvolvimento de enfermidades metabólicas (Bonato *et al.*, 2015).

A lactação representa uma reorganização substancial na hierarquia de partição de nutrientes no organismo das fêmeas, inúmeros processos adaptativos são ativados para compensar o desequilíbrio entre a ingestão e a demanda energética no período inicial de lactação e especialmente em BEN. Durante o BEN, a demanda energética dos animais é suprida por uma combinação entre os nutrientes provindos da dieta e pela mobilização de reservas

corporais (Butler e Smith, 1989). A regulação para que estes processos adaptativos ocorram é majoritariamente endócrina, mediada por mudanças nos perfis de hormônios anabólicos e catabólicos circulantes, de receptores de membrana e em vias de sinalização intracelular que ajustam os padrões de processamento, armazenamento e utilização dos nutrientes por diferentes órgãos e tecidos. Inúmeras alterações endócrinas e metabólicas são associadas ao período de BEN, como: redução das concentrações circulantes de insulina, fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-1), leptina e glicose; alteração no padrão de liberação dos pulsos do hormônio luteinizante (LH); e aumento das concentrações plasmáticas de hormônio do crescimento (GH), de ácidos graxos não esterificados (AGNE) e de β -hidroxibutirato (β HB) (Gong *et al.*, 2002; Diskin *et al.*, 2003 e Rhoads *et al.*, 2004). Observa-se deste modo, que a coordenação dos processos metabólicos no pós-parto envolve um grande número de hormônios, entre os quais o GH e a insulina desempenham papel chave (Gonzalez, 2002; Lucy, 2003 e Rhoads *et al.*, 2004).

Durante o período de BEN o GH aumenta a resposta lipolítica do tecido adiposo, promovendo a exportação de AGNE enquanto concomitantemente reduz a sensibilidade sistêmica à insulina, conferindo redução de respostas lipogênicas e anti-lipolíticas da insulina (Bauman e Currie, 1980; Bauman e Vernon, 1993 e Lucy, 2007). A internalização das moléculas de glicose pelas células é realizada pela atuação de transportadores na membrana plasmática dependentes da insulina, com a redução da ação insulínica a captação de glicose pelos tecidos extramamários é reduzida, conservando assim a glicose para a síntese do leite.

Os AGNE oriundos da lipólise do tecido adiposo são disponibilizados no sangue, sendo absorvidos e metabolizados em energia pelo fígado e outros tecidos. À medida que o fornecimento de AGNE ao fígado excede a capacidade do órgão de oxidar completamente os ácidos graxos para fornecer energia, a quantidade de produção de corpos cetônicos aumenta. Os corpos cetônicos (β HB, acetona e acetoacetato) são, portanto, os metabólitos intermediários da oxidação de ácidos graxos, especificamente resultantes da oxidação incompleta dos AGNE's. Os corpos cetônicos podem ser usados pelo tecido muscular como fonte alternativa de energia, poupando a glicose para a produção de leite (Herdt, 2000). Todavia, a produção de cetonas resulta em liberação menor de energia líquida quando comparada a oxidação completa dos ácidos graxos. Dessa forma, as concentrações circulantes de AGNE e β HB podem refletir aspectos do sucesso da adaptação fisiológica ao BEN. A concentração de AGNE reflete a magnitude da mobilização das reservas de gordura corporal, trazendo uma referência acerca do atendimento pela dieta às demandas energéticas do organismo (Adewuyi, 2005), enquanto o β HB reflete a completude da oxidação dos AGNE no fígado.

Apesar de ser uma fonte fundamental na complementação energética demandada pelo organismo da fêmea em BEN, altas concentrações AGNE circulantes é um importante fator de risco para saúde da fêmea no período pós-parto em que animais com níveis mais altos têm risco relativo maior de desenvolver alterações (LeBlanc *et al.*, 2005; Vernon, 2005; Quiroz *et al.*, 2009; Chapinal *et al.*, 2011; Kervin *et al.*, 2022). Altos níveis circulantes de AGNE guardam ainda relações deletérias com a eficiência reprodutiva de vacas leiteiras, Ospina *et al.* (2010) demonstraram que taxas aumentadas de AGNE no período de transição impactam negativamente na taxa de prenhez. Neste mesmo sentido, Duffield *et al.* (2005), Garverick *et al.* (2013) e Caravilho *et al.* (2014), também relataram impactos negativos na fertilidade pós-parto nestas condições.

Apesar dos efeitos do BEN serem transitórios, tendo sua intensidade gradualmente reduzida com a reversão do balanço energético de negativo para positivo, este ainda mantém grande relevância no retorno econômico dos sistemas de produção por sua ocorrência coincidir com período ótimo de reprodução. O controle dos níveis e da intensidade das oscilações das reservas corporais é um importante fator de manejo, influenciando a saúde animal, a produção de leite e a reprodução em vacas leiteiras (Stockdale, 2001; Buckley *et al.*, 2003, Ribeiro *et al.*, 2013). Perdas econômicas decorrentes de doenças no período de transição poderiam ser evitadas com a utilização correta de técnicas alimentares específicas para cada fase do ciclo produtivo da fêmea bovina (Santos *et al.*, 2002).

2.2. Métodos para avaliação das reservas energéticas corporais

2.2.1. Peso vivo

O registro do peso vivo (PV) dos animais apesar de ser um dado objetivo, possui grandes limitações de uso na estimativa das reservas corporais dos bovinos. Oscilações do PV podem ser consequência tanto de mudanças nas quantidades relativas de tecido muscular, tecido adiposo e água, quanto de alterações no conteúdo do sistema trato gastrointestinal e/ou reprodutor. Em situações que a massa corporal está deficitária, o organismo pode, ao menos parcialmente, compensar a perda com reposição de água nos tecidos, de forma que quantidade de tecido mobilizado pode ser superior a perda de PV (Moe *et al.*, 1971; National Research Council, 2001). Em vacas com peso corporal semelhante, os estoques de energia podem variar em até 40% (Gibb *et al.*, 1992; Andrew *et al.*, 1994).

Otto *et al.* (1991) e Silva *et al.* (2019) relataram influência do tamanho dos animais no estabelecimento de relações entre o PV e ECC. Deste modo, um animal de estrutura grande pode ter maior PV mesmo quando em baixos níveis de reserva corporal frente a outro com estrutura pequena e reservas abundantes. Butler-Hogg *et al.* (1985) demonstraram não haver correlação entre PV e a espessura de gordura. Diante das limitações evidenciadas, o PV, usado de maneira isolada, é um indicador de baixa eficiência para estimar reservas energéticas dos animais.

2.2.2. Escore de condição corporal

A avaliação visual do escore de condição corporal (ECC) é um método prático, barato e fornece uma estimativa das reservas de energia corporal dos bovinos. Inúmeros trabalhos demonstraram a relação entre o ECC e a resposta produtiva e reprodutiva de vacas leiteiras (Edmonson *et al.*, 1989; Waltner *et al.*, 1993; Pryce *et al.*, 2000; Adrien *et al.*, 2012; Pires *et al.*, 2013; Barletta *et al.*, 2017; Gobikrushanth *et al.*, 2019). O ECC é um método subjetivo, entretanto confiável, para estimar as reservas de energia corporal contidas no tecido adiposo de bovinos de leite (Wildman *et al.*, 1982; Wright e Russel, 1984; Edmonson *et al.*, 1989; Burke *et al.*, 1998; Lassen *et al.*, 2003), sendo ferramenta eficiente para monitoramento da mobilização tecidual (Otto *et al.*, 1991, Ferguson *et al.*, 1994).

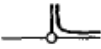
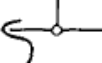
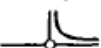
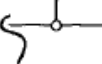
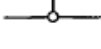
Avaliações de ECC são recomendadas em fazendas leiteiras para superar a baixa eficiência da utilização do PV na avaliação das reservas corporais (Macdonald e Roche, 2004). Wright e Russel (1984) relataram uma forte relação positiva ($r^2 = 0,86$) entre uma avaliação subjetiva visual ou tátil, métodos empregados na avaliação ECC, e a proporção de gordura mensurada em carcaças de vacas holandesas. Essa relação foi reforçada posteriormente por Domecq *et al.* (1995) e Ayres *et al.* (2009) que indicaram o ECC como uma medida válida para prever a gordura subcutânea ao longo do tempo. Estes resultados indicaram o ECC como alternativa viável na mensuração das reservas de gordura corporal, excluindo, ou ao menos minimizando, a influência do tamanho corporal e das possíveis variações no preenchimento do trato gastrointestinal e reprodutivo.

A avaliação do ECC foi desenvolvida inicialmente para utilização em ovinos por Jefferies (1961), citado por Wright & Russel (1984). Acredita-se que a primeira adaptação para utilização em bovinos tenha sido realizada entre os anos de 1975 e 1976, quando Lowman *et al.* (1976) descreveram um modelo de avaliação para vaca de corte com uma escala de 0 a 5 pontos, e Earle (1976) descreveu um sistema semelhante, contudo utilizando uma escala de 1 a

8. Na década de 80, Wildman *et al.* (1982) apresentaram um modelo de avaliação de ECC para vacas leiteiras baseado na avaliação visual e palpação de regiões torácicas e lombares da coluna vertebral, processo espinhoso, tuberosidade sacral e isquiática, pontuando os animais numa escala de 1 (extremamente magra) a 5 pontos (obesa). A partir de então, diversas variações nos modelos de avaliação do ECC em bovinos foram desenvolvidas e propostas por pesquisadores de diversos países (Earle, 1976; Holmes *et al.*, 1987; Edmonson *et al.*, 1989; Macdonald e Macmillan, 1993; Ferguson *et al.*, 1994; Lassen *et al.*, 2003; Macdonald e Roche, 2004). Apesar da utilização de escalas distintas, todos seguem a padronização em sistemas numéricos de pontuação, onde valores baixos refletem magreza e valores altos equivalem a obesidade. Considerando que os modelos descritos na literatura variam não somente em escalas, mas também pontos chave de avaliação, Roche *et al.* (2004) avaliaram e descreveram as relações de transformação entre alguns destes modelos.

Com objetivo de tornar mais prática a avaliação de ECC em vacas leiteiras, Edmonson *et al.* (1989) propuseram um sistema sob o qual as vacas são avaliadas apenas visualmente, facilitando a aplicação do método onde a avaliação tátil dos animais é dificultosa. Este modelo baseia-se na avaliação visual de oito pontos das regiões lombares, da pelve e inserção da cauda (Figura 1) para determinação de uma escala de cinco pontos, com intervalos de 0,25.

Figura 1. Quadro de referências para avaliação do Escore de Condição Corporal segundo Edmonson *et al.* (1989).

	SCORE	Spinous processes (SP) (anatomy varies)	Spinous to Transverse processes	Transverse processes	Overhanging shelf (care - rumen fill)	Tuber coxae (hooks) & Tuber ischi (pins)	Between pins and hooks	Between the hooks	Tailhead to pins (anatomy varies)
SEVERE UNDERCONDITIONING (emaciated)	1.00	individual processes distinct, giving a saw-tooth appearance	deep depression	very prominent, > 1/2 length visible	definite shelf, gaunt, tucked	extremely sharp, no tissue cover	severe depression, devoid of flesh	severely depressed	bones very prominent with deep "V" shaped cavity under tail
	1.25								
	1.50								
FRAME OBVIOUS	1.75			1/2 length of process visible					
	2.00	individual processes evident	obvious depression		prominent shelf	prominent	very sunken		bones prominent "U" shaped cavity formed under tail
	2.25			between 1/2 to 1/3 of processes visible					
FRAME & COVERING WELL BALANCED	2.50	sharp, prominent ridge		1/3 - 1/4 visible	moderate shelf		thin flesh covering	definite depression	first evidence of fat
	2.75								
	3.00		smooth concave curve	< 1/4 visible	slight shelf	smooth	depression	moderate depression	bones smooth, cavity under tail shallow & fatty tissue lined
FRAME NOT AS VISIBLE AS COVERING	3.25			appears smooth, TP's just discernable					
	3.50	smooth ridge, the SP's not evident	smooth slope	distinct ridge, no individual processes discernable		covered	slight depression	slight depression	
	3.75						sloping		
SEVERE OVERCONDITIONING	4.00	flat, no processes discernable	nearly flat	smooth, rounded edge	none	rounded with fat		flat	bones rounded with fat and slight fat-filled depression under tail
	4.25						flat		
	4.50			edge barely discernable		buried in fat			bones buried in fat, cavity filled with fat forming tissue folds
	4.75								
	5.00	buried in fat	rounded (convex)	buried in fat	bulging		rounded	rounded	

Fonte: Edmonson *et al.* (1989).

2.2.3.Vetscore

Com intuito de propiciar uma ferramenta para avaliação objetiva da condição nutricional de fêmeas bovinas e de simples utilização, a equipe da Embrapa da Rondônia, sob liderança do pesquisador Luiz Pfeifer, lançou em 2014 o dispositivo Vetscore®. A ferramenta é um dispositivo de baixo custo, que não requer conhecimentos técnicos prévios para sua utilização, e oferece ao usuário informações imediatas para tomada de decisão acerca do manejo nutricional do rebanho (informação pessoal)¹. Grande diferencial do produto é o resultado entregue em formato de informação pronta para uso, não necessitando de interpretações como no caso das avaliações visuais do ECC que entregam valores numéricos e dependem ainda de conhecimento técnico prévio para sua realização. O dispositivo se baseia na relação entre o ângulo interno da garupa (AIG) e o ECC, segundo Pfeifer *et al.* (2017) o AIG mantém alta relação com o ECC ($R^2 = 0,67$).

O Vetscore é utilizado posicionando o dispositivo na porção inicial da garupa dos animais, entre a última vertebra lombar e a primeira sacral, e fechando suas hastes até que estas estejam em maior contato possível com a pele do animal (Figura 2). Neste momento o resultado da avaliação pode ser lido no visor do equipamento, sendo indicado por meio de cores: vermelha, representa CC baixa; verde, representa CC adequada; e amarela, representa CC alta (Figura 3). O dispositivo é recomendado para as raças Girolando, Nelore e Angus (Pfeifer *et al.*, 2015).

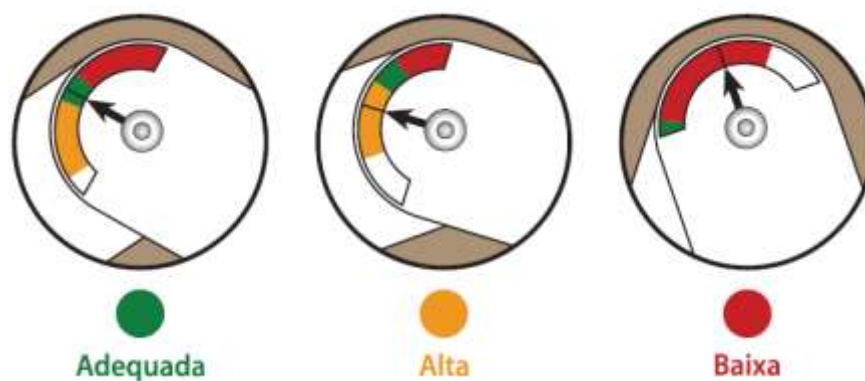
Figura 2. Exemplo do local de posicionamento do Vetscore® para avaliação.



Fonte: Banco de imagens da Embrapa. Foto: Rafael Rocha

¹ Informação fornecida pelo pesquisador da Embrapa Rondônia, Luiz Francisco Machado Pfeifer, em dezembro de 2016.

Figura 3. Representação da leitura da condição corporal no visor do Vetscore®.



Fonte: Pfeifer *et al.* (2015).

2.2.4. Ultrassonografia

Um método objetivo, entretanto empregado em menor escala para avaliar as reservas energéticas associadas as quantidades armazenadas de gordura corporal, é a mensuração da espessura da gordura subcutânea (EGS) utilizando ultrassonografia. O exame de ultrassom é rápido, seguro, não invasivo e fornece uma medida com acurácia dos componentes da carcaça no animal vivo (Gresham *et al.*, 1986). Variáveis importantes para obtenção da acurácia do método envolvem o conhecimento e experiência do técnico, o tipo e o fabricante do equipamento e os transdutores utilizados (Busboom *et al.*, 2000).

As imagens do exame são obtidas em função da interpretação pelo equipamento das reflexões das ondas sonoras emitidas, estas reflexões ocorrem em função das distintas densidades dos tecidos corporais. Após obtida a imagem representativa da região de interesse, a tela do equipamento é congelada e a EGS medida por meio do software do próprio equipamento. É possível quantificar a gordura subcutânea com intervalos de até 1 mm (SCHODER & STAUFENBIEL, 2006). A espessura da pele, 5 a 6 mm, em alguns casos é incluída na medição, de modo que a espessura real da gordura subcutânea nestes casos é menor. Nestas situações, um valor de 5 a 6mm de EGS, consequentemente, significa uma perda quase completa das reservas de gordura corporal.

A técnica de ultrassom foi estabelecida inicialmente para avaliar a qualidade da carcaça em bovinos de corte, sendo posteriormente validada como ferramenta de monitoramento no manejo do rebanho leiteiro ao relacionar a EGS com o teor de gordura corporal (Butler-Hogg *et al.*, 1985; Otto *et al.*, 1991; Schroder e Staufenbiel, 2006; Siachos *et*

al., 2021) e com métodos de pontuação da condição corporal, a exemplo do ECC (Bullock *et al.*, 1991; Domecq *et al.*, 1995; Schwager-Suter *et al.*, 2000; Ayres *et al.*, 2009).

Staufenbiel (1992) utilizando exame ultrassonográfico avaliaram diferentes pontos da região dorsal de bovinos, desde a região da coluna torácica até a região sacral da garupa, e observaram que a garupa é o local que apresenta maior quantidade de tecido adiposo, sendo adequada para avaliar a gordura subcutânea corporal. Schroder e Staufenbiel (2006), relataram haver alta correlação ($r = 0,90$) entre a espessura de gordura subcutânea da garupa e a gordura corporal.

Apesar da literatura relatar a utilização da mensuração da EGS na região dorsal e na garupa com a mesma eficiência na estimativa da gordura corporal (Silva *et al.*, 2003; Ayres *et al.*, 2009), a gordura da garupa apresenta maior velocidade de mobilização que a dorsal, assim, se o objetivo é monitorar as reservas corporais prontamente disponíveis, a mensuração da EGS da garupa seria mais indicada (GRESHAM *et al.*, 1998). Além disso, o ponto de avaliação na garupa é fácil de localizar e o EGS oscila muito sutilmente em um intervalo de vários centímetros.

2.2.5. Mensuração do escore de condição corporal por imagens digitais

Formas automatizadas de determinar o ECC têm sido buscadas não somente como alternativas para à subjetividade da avaliação visual, mas também como métodos que viabilizem o emprego do monitoramento da CC em grandes rebanhos e com maior frequência de avaliação. Assim, a determinação automatizada de ECC foi proposta pois exigiria menos tempo, seria menos subjetiva e mais consistente (Leroy *et al.*, 2005).

Com o avanço da tecnologia, várias tentativas de obtenção automática do ECC foram propostas, nas quais ficou destacado o potencial de utilização de imagens para determinação do ECC (Coffey *et al.*, 2003; Bewley *et al.*, 2008). Os sistemas de avaliação por imagem inicialmente desenvolvidos foram baseados em avaliações em duas dimensões (2D) (Bewley *et al.*, 2008; Azzaro *et al.*, 2011; Halachmi *et al.*, 2012; Bercovich *et al.*, 2013). Algumas dificuldades para um sistema totalmente automático foram observadas, como a qualidade e o processamento da imagem, as quais seguem em aprimoramento com ampliação do acesso de dispositivos com maior capacidade de processamento e o emprego das avaliações em 3 dimensões (3D) (Salau *et al.*, 2014; Hansen *et al.*, 2015; Alvarez *et al.*, 2018; Albanoz *et al.*, 2022) que tendem a ser mais precisos que sistemas 2D. As imagens 3D têm como atributo

fornecer a informação de concavidade da superfície corporal das vacas que guarda maior correlação com a deposição de gordura subcutânea.

Os modelos desenvolvidos para o processamento e análise das imagens têm, em geral, apresentado melhores ajustes para as faixas centrais de escore e menor desempenho para escores extremos (Mullins *et al.*, 2019), entretanto esta limitação tem seu impacto reduzido ao considerarmos que em sistemas produtivos comerciais ou de pesquisa, o ECC das vacas não é normalmente observado em faixas extremas, pois estas condições predis põem à diminuição do desempenho produtivo, reprodutivo e sanitário, bem como às preocupações com o bem-estar animal. Albanoz *et al.* (2022) propuseram uma forma de amenizar esta limitação e aprimorar a precisão e a sensibilidade das avaliações por meio de um refinamento dos dados brutos de ECC obtidos pelas câmeras. Estes autores indicam ainda que uma metodologia objetiva orientada para o emprego de tecnologia de imagem representa um método de referência para avaliação e monitoramento do ECC em ambientes comerciais e de pesquisa. Estas conclusões foram obtidas por meio da avaliação de um sistema comercial de análise de ECC baseado em imagens 3D (DeLaval BSC®, DeLaval, Suécia).

O sistema de avaliação de ECC por câmeras aumenta a precisão e a capacidade de detectar diferenças de CC entre animais e as variações do ECC nos mesmos animais ao longo do tempo em comparação com o método visual tradicional (Mullins *et al.*, 2019; Albanoz *et al.*, 2022).

2.3. Índice de escore de condição corporal – iECC

O Índice de Escore de Condição Corporal (iECC) é um método para lidar com os dados de ECC de vacas proposto por Pfeifer *et al.* (2021) que leva em consideração a fase de lactação e a recomendação de ECC para cada uma dessas fases. O iECC é um índice expresso em percentual, que pode variar de 0 a 100%, e se propõem a estimar o quanto do potencial produtivo das vacas está sendo explorado, auxiliando o produtor a detectar o quanto pode melhorar seu manejo para aumentar a produtividade do rebanho.

Para o cálculo do iECC é necessário inicialmente calcular o ECC de todas as fêmeas do rebanho. O ECC deve ser avaliado em uma escala de 1 (extremamente magra) a 5 (extremamente gorda) com incrementos de 0,25 pontos conforme descrito por Edmonson *et al.* (1989). Na sequência é avaliado se cada animal se encontra em ECC alvo ou ECC recomendado em função de sua fase de lactação (Tabela 1).

Tabela 1. Recomendação do escore de condição corporal por fase de lactação segundo metodologia do Índice de Escores de Condição Corporal.

Fase de lactação	ECC recomendado	ECC alvo
≤100 DEL	2,5 a 3	2,75
>100 DEL	2,75 a 3,25	3,0
> 305 DEL/ secas / parto	3,0 a 3,5	3,0 a 3,25

Fonte: Adaptado de Pfeifer *et al.* (2021).

Uma vaca pode encontrar-se em ECC recomendado, mas não em ECC alvo pois este é uma faixa mais específica de unidade de ECC, na qual os animais apresentariam maior capacidade de expressar seu potencial produtivo.

A proporção de animais com ECC adequado (PVEA), o percentual de vacas no intervalo estimado de ECC recomendado para fase da lactação, e o nível de adequação de ECC (NAE) que é obtido pela diferença entre o ECC real e o ECC alvo, são as variáveis utilizadas para calcular o iECC por meio da fórmula:

$$\text{iECC} = (\text{PVEA} + \text{NAE}) / 2$$

A PVEA é uma variável binomial, vacas com ECC dentro do recomendado receberão nota 1 e as vacas fora do ECC recomendado nota 0. Essa variável deverá ser transformada em percentual, sendo de 100% para animais com ECC recomendado e 0% para animais em ECC fora da faixa de recomendação. A fórmula para o cálculo da PVEA Geral do rebanho é:

$$\frac{(\text{n}^\circ \text{ total de vacas com ECC recomendado}) \times 100}{\text{n}^\circ \text{ total de vacas}}$$

Para o cálculo da outra variável que compõem o iECC, o NAE, deve ser mensurada a diferença de ECC (DECC) entre o ECC real do animal e o ECC alvo. A DECC deve ser expressa em valor absoluto, de forma que reflita a distância do ECC alvo em pontos de ECC, e é calculado pela fórmula:

$$\text{DECC} = \text{absoluto } |\text{ECC real} - \text{ECC alvo}|$$

Existe uma particularidade para o cálculo da DECC para animais na fase “> 305 DEL, secas ou ao parto”, pois o ECC alvo para essa fase apresenta uma amplitude de ECC (3,0 – 3,25), nesse caso a DECC é calculada da seguinte forma:

Se o ECC real for acima do ECC alvo: a DECC é calculada pela subtração do ECC real pelo limite superior do ECC alvo.

$$DECC = ECC\ real - Limite\ superior\ do\ ECC\ alvo\ (3,25)$$

Se o ECC real for inferior ao ECC alvo: a DECC é calculada pela subtração do limite inferior do ECC alvo (3,0) pelo ECC real.

$$DECC = Limite\ inferior\ do\ ECC\ alvo\ (3,0) - ECC\ real$$

Para o cálculo do iECC é necessário que todas as variáveis estejam em uma escala de 0 a 1. Para animais em ECC alvo, a DECC será sempre zero, para os demais, o valor da DECC deve ser dividido por 2,25 se a vaca estiver com $DEL \leq 100$ e dividido por 2 se a vaca estiver nas demais fases de lactação. Esses valores representam a máxima distância possível do ECC real para o ECC alvo das fases de lactação. A essa transformação é dada o nome de DECC escalonada (DECCE).

Por fim, como trata-se de uma escala invertida, em que os valores próximos a 1 indicam a máxima necessidade de mudança de ECC e valores próximos a 0 indicam que os animais se encontram em ECC alvo, é necessário que se aplique a seguinte fórmula para se obter o NAE:

$$NAE = (1 - DECCE) \times 100$$

A princípio a obtenção do iECC pode aparentar ser complexa em função da série de cálculos a serem realizados. Entretanto estão disponíveis ferramentas que simplificam o processo de obtenção do iECC. A Embrapa Rondônia disponibiliza uma planilha automatizada (Disponível em: <http://jaci.cpafro.embrapa.br/iECCleite.php>), e mais recentemente lançou juntamente com o Instituto Federal de Rondônia (IFRO) um aplicativo para smartphone chamado +Leite. Em ambas as ferramentas para obtenção do iECC é necessário apenas inserir os dados de ECC de cada vaca e a data do parto. Após esse preenchimento, as ferramentas calculam o iECC geral e para cada fase de lactação, e baseado no iECC, ainda fornecem recomendações sobre quais animais devem ganhar ou perder peso.

2.4. Interações entre a condição corporal e aspectos produtivos e reprodutivos

A influência do ECC ao parto na produção de leite de fêmeas bovinas é amplamente descrita na literatura (Berry *et al.*, 2002; Renno *et al.*, 2006; Roche *et al.*, 2007; Gobikrushanth *et al.*, 2019). Roche *et al.* (2007) descreveram a existência de uma relação não linear do efeito do ECC ao parto sobre a produção de leite, com ECC ótimo para produção de leite de 3,6 pontos, similar ao observado por Gobikrushanth *et al.*, 2019 em que o grupo de vacas com ECC médio ao parto de 3,6 pontos apresentaram maior produção de leite. Todavia, no estudo os autores observaram que concomitantemente a maior produção de leite estes animais apresentaram menor eficiência reprodutiva, expondo neste caso uma relação antagônica entre os aspectos.

Vários pesquisadores se dedicaram a avaliar a intensidade das mudanças de ECC pós-parto como fator relacionado ao desempenho produtivo e reprodutivo de rebanhos leiteiros (Adrien *et al.*, 2012; Pires *et al.*, 2013; Barletta *et al.*, 2017; Gobikrushanth *et al.*, 2019). As alterações de ECC que mais impactam o desempenho produtivo e reprodutivo ocorrem no período pós-parto, segundo Roche *et al.* (2007b) entre o parto e o ponto mais baixo da condição corporal pós-parto (*nadir* do ECC) e segundo Buckley *et al.* (2003) entre o parto e o momento da cobertura. Relatos de estudos anteriores avaliando as alterações de ECC de vacas leiteiras entre os períodos pré e pós-parto, apesar de não terem observado efeito da mudança de ECC na produção de leite no início da lactação (Pires *et al.*, 2013; Barletta *et al.*, 2017; Gobikrushanth *et al.*, 2019), relatam menor produção de leite ajustada para 305 dias em vacas com ganho de escore quando comparadas com vacas com perda ou manutenção de escore (Gobikrushanth *et al.*, 2019). Rennó *et al.* (2006) relataram uma maior produção de leite em vacas com maiores ECC ao parto ($\geq 3,25$) e também um padrão de mobilização das reservas corporais mais acentuado neste grupo ao início da lactação. Grainger *et al.*, (1982) observaram um aumento na produção de leite no início da lactação associado a um aumento na ECC ao parto. Da mesma forma, Berry *et al.*, (2007) avaliaram vacas Holandesas em sistema de pastejo e observaram que a produção total de leite durante 305 DEL foi maior em vacas com maior ECC ao parto (4,25 unidades), embora o aumento nas unidades de ECC também estivesse associado com menor persistência da lactação.

A condição corporal e o balanço energético desempenham papel fundamental na fertilidade de vacas leiteiras, estando positivamente associados à fertilidade (López-Gatius *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2004; Grimard *et al.*, 2006, Carvalho *et al.*, 2014; Gobikrushanth *et al.*, 2019). Diversos estudos apontam existir uma evolução oposta entre o potencial de produção de

leite e a performance reprodutiva de rebanhos leiteiros (Beam e Butler, 1999; Darwash *et al.*, 1999; Royal *et al.*, 2000; Pryce *et al.*, 2004; Grimard *et al.*, 2006; Cutullic *et al.*, 2012). Os principais *index* genéticos de programas de melhoramento têm sido direcionados à características de produção de leite, as quais aparentam possuir correlação negativa com fertilidade (Veerkamp *et al.*, 2001; Heringstad *et al.*, 2003; Dillon, 2006). Neste contexto, o adequado manejo da condição corporal especialmente em vacas de alto mérito genético para produção de leite torna-se ainda mais importante para obtenção de boas performances reprodutivas.

Vacas mais magras e/ou com balanço energético mais negativo tendem a ter menor fertilidade (Pryce *et al.*, 2000, 2001; Veerkamp *et al.*, 2000; Roche *et al.*, 2007b). Roche *et al.* (2007b) sugerem que o ECC ao parto ou ao início da lactação tenha um impacto negativo em especial no início do programa reprodutivo. O retorno da atividade lútea (RAL) pós-parto possui correlação negativa com a produção de leite (Royal *et al.*, 2002b; Petersson *et al.*, 2007). Baixo ECC ao parto ou grande mobilização de ECC no início da lactação são fatores de risco para o atraso no RAL (Roche *et al.*, 2009; Cutullic *et al.*, 2012). Bedere *et al.* (2018) indicam que o ECC ótimo ao parto para otimizar o RAL seria próximo à 3,1 pontos (escala de 1 a 5), permitindo RAL em média aos 23 dias PP.

Lopez-Gatius *et al.* (2003) ao realizar uma meta-análise com 7733 vacas, relataram existir uma associação entre ECC ao parto e o risco relativo de prenhez na primeira IA (P1IA) apenas para animais com baixo ECC ao parto ($\leq 2,5$), estes animais apresentam, segundo os autores, 9% menos chance de prenhez quando comparados à animais com condição intermediária (ECC entre 2,5 e 3,5). Bedere *et al.* (2018) relataram uma relação linear entre ECC ao parto e a P1IA, com incrementos de 38,2% na taxa para o aumento de cada ponto de ECC, é destacado, entretanto, que o coeficiente de regressão calculado foi determinado apenas para ECC entre 2,25 e 3,0 pontos.

Lopez-Gatius *et al.* (2003) não observaram associação entre o risco relativo P1IA e mudanças de ECC no período inicial da lactação, entretanto ressaltam que há uma grande variabilidade de resultados reportados na literatura acerca da associação das mudanças de ECC e concepção na primeira IA. Em contraste, Gobikrushanth *et al.* (2019), avaliaram os efeitos das mudanças de ECC pós parto e observaram que vacas com maior perda de ECC ($\geq 0,75$ unidades) tiveram menor P1IA do que vacas com moderada perda (0,25 ou 0,50 unidades), e com manutenção ou com ganho ($\geq 0,25$ unidades) de ECC. Bedere *et al.* (2018) observaram uma relação linear entre a perda de ECC pós-parto e a taxa de P1IA, com decréscimos de 33,9% na

taxa para cada ponto de ECC perdido entre o parto e o nadir do ECC pós-parto, o coeficiente de regressão calculado foi determinado apenas para perdas entre -1,50 e -0,5 pontos de ECC.

Conforme apresentado, vários estudos demonstram que vacas com baixo ECC no período pós-parto podem ter reduzida taxa de concepção ao primeiro serviço com impactos no IEP e na produção de leite ao longo do tempo (Gobikrushanth *et al.*, 2019). Por outro lado, já foi demonstrado que vacas que perdem pouco ou mantém o ECC nas primeiras semanas de lactação tem aumento na prenhez por inseminação (Carvalho *et al.*, 2014) possibilitando que essas fêmeas atinjam ciclos de alta fertilidade (CAF) (Middleton *et al.*, 2019), os quais são caracterizados por alta taxa de prenhez logo no início do período reprodutivo e IEP reduzido.

3. ARTIGOS

3.1. Artigo 1

How body condition score affects milk production and the metabolic parameters in postpartum crossbred dairy cows raised in Amazon biome?

LIMA, R. A. de.; NEVES, P. M. A. .; MELO, V. T. O. de .; SILVA, G. M. da .; SILVA, K. A. da .;
PFEIFER, L. F. M.

Publicado em abril/2022 na Research, Society and Development

How body condition score affects milk production and the metabolic parameters in postpartum crossbred dairy cows raised in Amazon biome?

Como o escore de condição corporal afeta a produção de leite e os parâmetros metabólicos pós-parto em vacas leiteiras mestiças criadas no bioma Amazônia?

¿Cómo afecta la condición corporal la producción de leche y los parámetros metabólicos posparto en vacas lecheras mestizas criadas en el bioma amazónico?

Received: 04/07/2022 | Reviewed: 04/16/2022 | Accept: 04/24/2022 | Published: 04/28/2022

Rhuan Amorim de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5148-8494>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil

E-mail: rhuan.lima@embrapa.br

Paulo Marcos Araújo Neves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0408-9220>

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Brasil

E-mail: pmaraujoneves@gmail.com

Vitor Torres Olímpio de Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0610-1641>

Ouro Fino Saúde Animal, Brasil

E-mail: vittorresolimpiodemelo@gmail.com

George Moreira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3705-0170>

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Brasil

E-mail: georg_moreira@hotmail.com

Kaio Alexandre da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4316-012X>

Instituto Federal de Rondônia, Brasil

E-mail: kaio.silva@ifro.edu.br

Luiz Francisco Machado Pfeifer

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-951X>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil

E-mail: luiz.pfeifer@embrapa.br

Abstract

Body condition score (BCS) is a categorical variable that is widely accepted as an important tool for subjectively quantifying energy reserves in dairy cows. The aims of this study was to compare milk production and some metabolic parameters of crossbred dairy cows with low, adequate and high BCS in the recent postpartum period (PPP). This study included lactation data from 35 crossbred Girolando (Holstein × Gir) cows from calving to 90 days in milk. Cows were evaluated every 15 days for BCS, milk production, live weight, internal angle of the rump

(IAR) and serum concentration of β -hydroxybutyrate (β HB). BCS loss and nadir of the BCS in PPP were also evaluated. Cows were divided into 3 groups, as follows: High, Adequate and Low BCS, according to the BCS recommendation for cows with less than 100 days in lactation. Cows with Adequate BCS had higher milk production than cows with High BCS ($P = 0.01$). Cows with High BCS had the highest ($P < 0.001$) live weight, BCS and IAR among the groups. In addition, these cows had a higher serum β HB concentration than cows with Adequate BCS ($P = 0.001$) and had the greatest loss of BCS ($P < 0.001$) in the PPP. The results of this study showed that Girolando dairy cows with Adequate BCS at calving had higher milk production and better metabolic condition than cows with High BCS at calving.

Keywords: BCS; Energy balance; Milk production; Metabolism; Girolando.

Resumo

O escore de condição corporal (ECC) é uma variável categórica amplamente aceita como uma importante ferramenta para quantificar subjetivamente as reservas energéticas em vacas leiteiras. O objetivo deste estudo foi comparar a produção de leite e alguns parâmetros metabólicos de vacas leiteiras mestiças com baixo, adequado e alto ECC no período pós-parto (PPP) recente. Este estudo incluiu dados de lactação de 35 vacas mestiças Girolando (Holandês $\times$ Gir) do parto aos 90 dias de lactação. As vacas foram avaliadas a cada 15 dias quanto ao ECC, a produção de leite, o peso vivo, o ângulo interno da garupa (AIG) e a concentração sérica de β -hidroxibutirato (β HB). Também foram avaliados a perda de ECC e o nadir do ECC no PPP. As vacas foram divididas em 3 grupos, Alto, Adequado e Baixo ECC, de acordo com a recomendação de ECC para vacas com menos de 100 dias em lactação. Vacas com ECC adequado apresentaram maior produção de leite que vacas com ECC alto ($P = 0,01$). Vacas com alto ECC apresentaram o maior ($P < 0,001$) peso vivo, ECC e o AIG entre os grupos. Além disso, essas vacas apresentaram maior concentração sérica de β HB do que vacas com ECC Adequado ($P = 0,001$) e apresentaram a maior perda de ECC ($P < 0,001$). Os resultados deste estudo demonstraram que vacas Girolando com ECC adequado ao parto apresentaram maior produção de leite e melhor condição metabólica em relação às vacas com alto ECC ao parto.

Palavras-chave: ECC; Balanço energético; Produção de leite; Metabolismo; Girolando.

Resumen

La condición corporal (CC) es una variable categórica ampliamente aceptada como una herramienta importante para cuantificar subjetivamente las reservas de energía en las vacas lecheras. El objetivo de este estudio fue comparar la producción de leche y algunos parámetros

metabólicos de vacas lecheras mestizas con CC baja, adecuada y alta en el posparto reciente (PP). Este estudio incluyó datos de lactancia de 35 vacas Girolando (Holstein × Gir) desde el parto hasta los 90 días de lactancia. Las vacas fueron evaluadas cada 15 días para CC, producción de leche, peso vivo, ángulo interno de la grupa (AIG) y concentración sérica de β -hidroxibutirato (β HB). También se evaluaron la pérdida de CC y el nadir de CC en PP. Las vacas se dividieron en 3 grupos, CC Alta, Adecuada y Baja, de acuerdo con la recomendación de CC para vacas con menos de 100 días de lactancia. Las vacas con CC adecuado tuvieron mayor producción de leche que las vacas con CC alto ($P = 0,01$). Las vacas con alto CC tuvieron el peso vivo, CC y AGA más altos ($P < 0,001$) entre los grupos. Además, estas vacas tenían una concentración sérica de β HB más alta que las vacas con CC Adecuado ($P = 0,001$) y tenían la mayor pérdida de CC ($P < 0,001$). Los resultados de este estudio mostraron que las vacas Girolando con CC adecuado al parto tuvieron una mayor producción de leche y una mejor condición metabólica en comparación con las vacas con CC alto al parto.

Palabras clave: CC; Balance energético; Producción de leche; Metabolismo; Girolando.

1. Introduction

Dairy cows commonly lose body condition (BC) in the postpartum period due to physiological changes at the beginning of lactation that impact their metabolism. Several studies on dairy cows have quantified the effect of BC score (BCS) on health (Markusfeld *et al.*, 1997; Berry *et al.*, 2007) fertility (Gillund *et al.*, 2001; Roche *et al.*, 2007a), and milk yield (Waltner *et al.*, 1993; Ruegg and Milton, 1995; Domecq *et al.*, 1997). Associations between BCS and health are less consistent with overfat cows, which are more prone to metabolic diseases (Gillund *et al.*, 2001). Studies linking BCS to dairy production have shown inconsistent findings. Some have reported no effect of BCS at calving on subsequent lactation (Pedron *et al.*, 1993; Ruegg and Milton, 1995; Domecq *et al.*, 1997), whereas others have found the opposite result (Waltner *et al.*, 1993; Markusfeld *et al.*, 1997; Roche *et al.*, 2007b). A more consistent finding reported across studies is an association between greater loss of BCS and higher milk production (Ruegg and Milton, 1995; Domecq *et al.*, 1997; Roche *et al.*, 2007b). However, cows that lose less or maintain BCS during the first weeks of lactation have lower serum concentrations of β -hydroxy-butyrate (β HB) and non-esterified fatty acids (NEFA) (Carvalho *et al.*, 2014; Barleta *et al.*, 2017), a decrease in the incidence of clinical and subclinical metabolic diseases and a reduction in calving interval, which enables these females

to reach high fertility cycles (HFC) and, consequently, to exhibit calving intervals of up to 13 months (Middleton *et al.*, 2019).

The intrinsic ability of a dairy cow to address the energy requirements demanded by lactation will determine its health and, consequently, its performance during the early postpartum period (PPP) (Ribeiro *et al.*, 2013). In this regard, BCS is an important marker of cow health and an useful tool for monitoring the nutritional status of dairy herds (Heuer *et al.*, 1999). Although the BCS has been used as a tool for managing dairy herds since the 1970s (Lowman *et al.*, 1976) and there is an extensive body of literature that endorses its importance (Edmonson *et al.*, 1989; Waltner *et al.*, 1993; Domecq *et al.*, 1997; Moreira *et al.*, 2000; Pryce *et al.*, 2000), BCS assessment is still not performed routinely in most of the dairy farms in the Amazon biome. The low adoption of the BCS evaluations may rely on the difficulty in interpreting and transforming the BCS values into information capable of guiding nutritional and reproductive management. Given the importance of managing the BCS of cows in all stages of production (from the beginning of lactation to the dry season), methods for the systematic implementation of BCS assessments are needed so that dairy producers can use these records to make appropriate decisions about the nutritional and reproductive management of their herds. A new method for dealing with BCS data was proposed by Pfeifer e Silva (2021), the BCSi, which considers the lactation phase and the BCS recommendation for each of these phases may help producers to improve management practices enabling dairy herds to reach HFC and, consequently, to increase the productivity of their farms.

Based on these considerations, the objective of this study was to compare the milk production and metabolic parameters of crossbred dairy cows raised in the Amazon Biome with low, adequate, and high BCS according to the recommended BCS during the PPP. The hypotheses of this study is that cows with adequate BCS have lower serum concentrations of β HB and higher milk production than cows with low and high BCS in the postpartum period.

2. Methodology

The Committee for Ethics in Animal Experimentation of the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa - Rondônia) approved all procedures performed in this experiment (Number F.02 / 2014).

2.1 Animals and location

This experiment was conducted at the Embrapa Rondônia experimental farm, Porto Velho, RO, Brazil. The study included the lactation of 35 Girolando cows (Holstein $\times$ Gir) with

a daily average milk production of 22.6 ± 3 kg, grazing marandu grass, supplemented with corn and soybean concentrate (22% PB and 80% NDT). The cows were milked twice a day.

2.2 Experimental groups, metabolic assessments, and milk production

From calving to 90 days in milk (DIM), cows were evaluated every two weeks for BCS, live weight (LW), internal angle of the rump (IAR), and milk production. In addition, blood samples were collected to analyse the serum concentration of β -hydroxy-butyrate (β HB) with a hand meter device (TD - 4235®; Ketovet, MG, Brazil). For all cows, the greatest loss of BCS (Δ BCS) between calving and 90 DIM was calculated, the calculation was based on the difference between the lower BCS observed and the BCS at calving.

All cows were evaluated for BCS using a scale from 1 to 5 (1 - Severe underconditioning, to 5 - Severe overconditioning) with 0.25 increment units (Edmonson *et al.*, 1989). Cows were divided into three groups according to recommended BCS for lactating dairy cows with less than 100 days in milk (Table 1). Cows with the BCS above the recommended was considered as having High BCS (n = 12), cows with the BCS within the recommended was considered as having Adequate BCS (n = 17), and with the BCS bellow the recommended was considered as having Low BCS (n = 6).

For the evaluation of the internal angle of the rump (IAR), a goniometer was used to measure the angle between the two sides of the croup. The goniometer device was placed on the rump, a rod on each side of the rump, between the sacral bone and the first coccygeal vertebrae.

Table 1. Recommended BCS for each lactation phase

Lactation phase	Recommended BCS	References*
≤ 100 DIM	2.75 – 3.25	Ferguson (1996); Defra (2011); Klopčič <i>et al.</i> , (2011); Middleton <i>et al.</i> , (2019).

* All references were adapted to meet the BCS scale used in the present study (1 – 5). Source: Authors.

2.3 Statistical analysis

Statistical analyses were performed using the SAS program (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). All data obtained from the repeat measurements (BCS, milk production, β HB, IAR, and LW) were compared between groups by ANOVA using the Mixed procedure to evaluate the main effects of group, time, and their interactions. Difference of BCS and DIM of

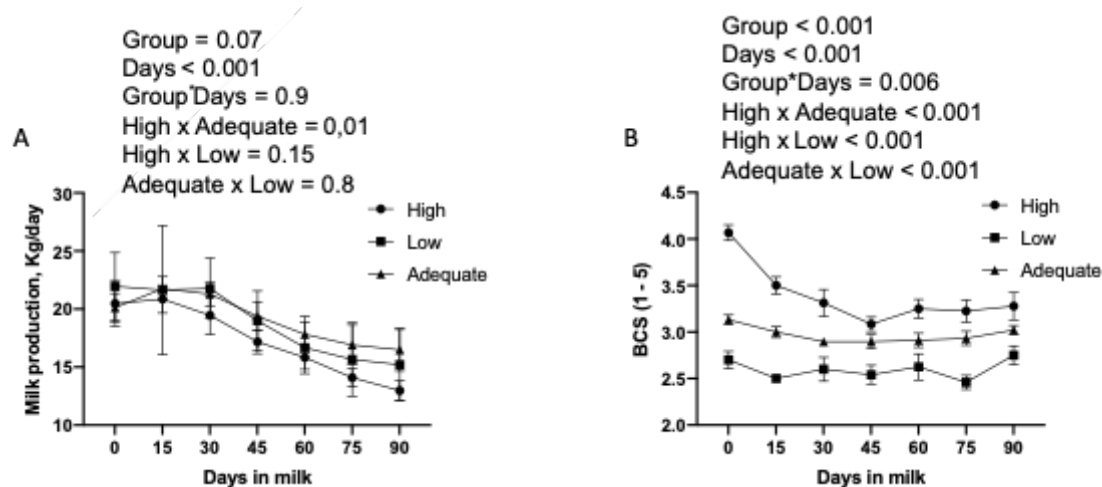
the nadir of BCS data were analyzed by ANOVA and the means were compared between groups using tukey's test.

3. Results

The results of milk production, BCS, LW, IAR, and β HB throughout the experimental period are shown in the Figure 1. Cows with adequate BCS showed higher milk production than cows with High BCS ($P = 0.01$). In contrast, no difference ($P = 0.15$) in milk production was observed between cows with High BCS and Low BCS and between cows with Adequate and Low BCS ($P = 0.08$; Fig. 1 A). The LW differed among groups (Fig. 2 A; $P < 0.001$), as well as the BCS (Fig. 1 B; $P < 0.001$).

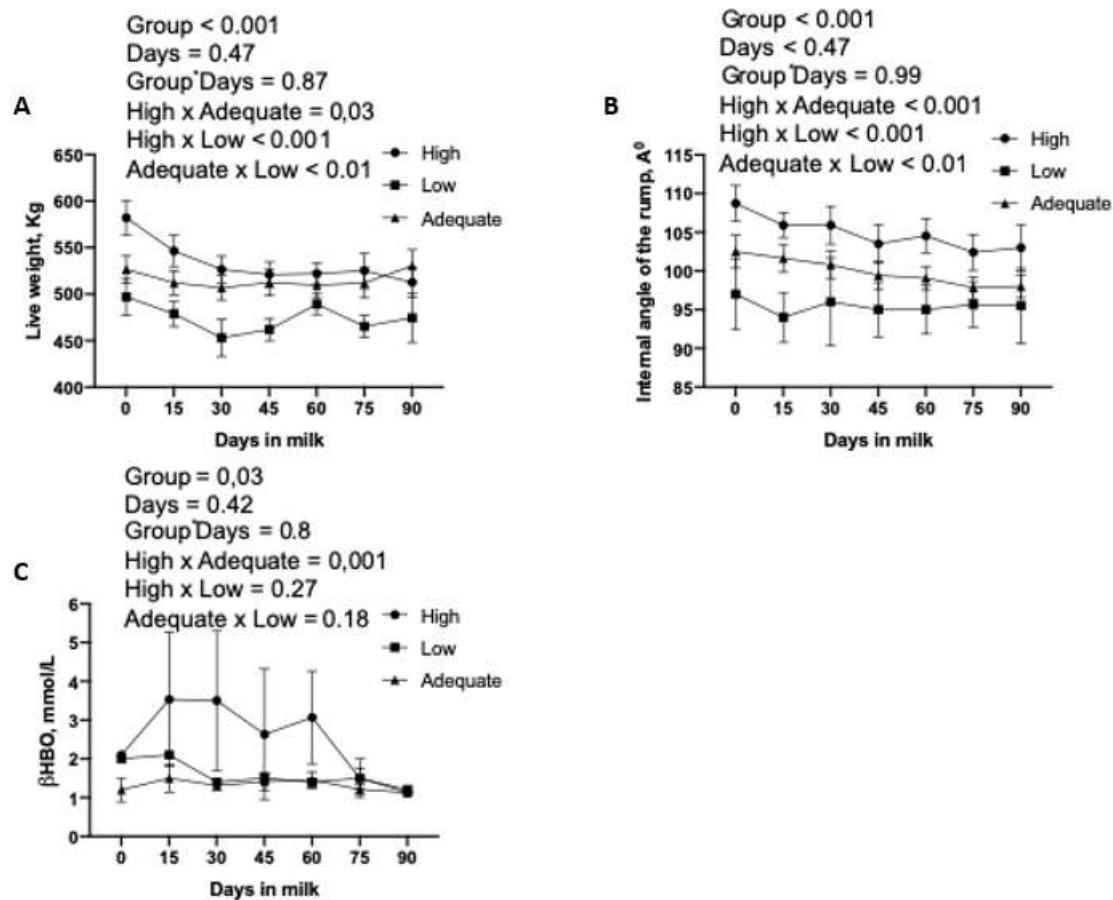
A difference in the IAR was also observed among groups (Fig. 2 B; $P < 0.001$). Cows with Low BCS had the lowest IAR and the cows with High BCS had the highest IAR. Similarly, cows with High BCS had the highest live weight (Fig. 2 A; $P = 0.01$) and the highest BCS values (Fig. 1 B; $P = 0.01$) throughout the evaluation period. Moreover, these cows had a higher serum β HB concentration than cows with Adequate BCS (Fig. 2 C; $P = 0.001$), reaching the peak concentration at 15 DIM, and showed the highest loss of BCS in the period (Table 2; $P < 0.001$). No differences were observed among groups for DIM of the nadir of BCS (Table 2; $P = 0.73$).

Figure 1. Daily milk production (A), body condition score (B) in Girolando cows with Low, Adequate and High BCS.



Source: Authors.

Figure 2. Live weight (A), internal angle of the rump (B), and plasma β -hydroxybutyrate concentration (β HB; C) in Girolando cows with Low, Adequate and High BCS.



Source: Authors.

Table 2. BCS loss and DIM of the nadir of BCS after calving in crossbred dairy cows with Low, Adequate and High BCS.

	Group			P-Value
	Low BCS	Adequate BCS	High BCS	
BCS loss (BCS points $\pm$ se)	0.3 $\pm$ 0.14 ^A	0.4 $\pm$ 0.06 ^A	1.1 $\pm$ 0.11 ^B	< 0.001
DIM of the nadir of BCS	30	35.29	38.75	0.73

^{a/c} Values within a row with different superscript letters differ at P < 0.05. Source: Authors.

4. Discussion

The hypotheses of this study was study was partially confirmed; cows with Adequate BCS had higher milk production and better metabolic condition compared to cows

with High BCS. However, no differences were observed in milk production and serum concentration of BHB between Adequate and Low BCS.

Adequate management of energy body reserves in dairy cows reflects their productive potential, especially for high yielding cows. When cows are too fat or too thin at calving, they are at an increased risk of developing metabolic disorders. Thus, unlike the BCS average of the herd, considering each cows as having Low, Adequate or High BCS provides a more reliable information and demonstrate whether an animal has already reached an excellent BCS.

The BCS technique is a tool that has been widely used to quickly and cheaply estimate the energy reserves of dairy cows at regular intervals (Klopčič *et al.*, 2011). While many may consider the BCS as a nutritional practice, the use of this tool to manage the BC of cows in dairy farms has direct implications for milk yield, herd health, reproductive performance, animal welfare, and farm profitability (Bewley and Schutz, 2008). The benefits of using the BCS as a tool to assist the nutritional and reproductive management of dairy cows have been widely described in the literature (Domecq *et al.*, 1997; Moreira *et al.*, 2000; Pryce *et al.*, 2000; Carvalho *et al.*, 2014). However, despite these benefits, the systematic assessment of dairy cow BCS is not routine in most of dairy farms, especially in those with extensive pasture based management.

Cows with high BCS had higher β HGB serum concentration, higher LW and higher AIR, this group showed more severe BCS reduction during PPP than cows that with adequate BCS. These results indicate that cows with high BCS have more severe BEN during the PPP. The metabolism of dairy cows during the PPP is directly affected by their BCS at calving (Rennó *et al.*, 2006; Pires *et al.*, 2013). Studies have reported a relationship between high BCS at calving and severe losses of BCS with high serum concentrations of NEFA and β HGB (Pires *et al.*, 2013; Adrien *et al.*, 2012), and reduced postpartum health (Roche *et al.*, 2015). Accordingly, the results observed in the present study showed that cows with high BCS had the highest BCS losses in the PPP. Although these cows were not followed for the entire lactation, we believe that this group is more likely to have metabolic disorders. According to Garnsworthy (2006), cows that show larger BCS reduction are more likely to have problems such as ketosis and liver fat. In that regard, Gillund *et al.*, (2001) reported that cows that have a BCS > 3.5 units at the time of calving are 2.3 to 2.8 times more likely to have ketosis compared to cows that have given birth with BCSs ≤ 3.25 . Blood metabolites can be used as indicators to estimate disease risk. Similarly with what we observed in the present study, Ward (1995) observed that, at calving, β HGB concentrations were higher in cows with a BCS > 3 than cows with a BCS < 3. Even moderate levels of fat tissue mobilisation are known to be associated with BEN and

reduced fertility in postpartum cows. Several studies indicate that excessive loss of BCS units during the PPP are associated with increased serum concentrations of non-esterified fatty acids, and reduced insulin, as well as with delayed first postpartum ovulation, and reduced pregnancy in the first postpartum AI (Butler *et al.*, 2003; Carvalho *et al.*, 2014; Middleton *et al.*, 2019). Butler (2005) concluded that there is a 10% reduction in conception rate at first postpartum insemination for each BCS unit lost during the PPP. These studies indicate that loss of BCS units is directly related to reduced fertility during the PPP. In this way, reducing BC losses during the PPP helps the herd reach HFC. These cycles, which should be the goal for milk production systems, are productive cycles where cows have reduced loss of BC during the PPP and, consequently, are more likely to conceive at the beginning of the service period. In the present study the cows with Low and Adequate BCS lost less BCS in the PPP than cows with High BCS. Unfortunately, in the present study, the reproductive performance during the early PPP was not evaluated. This is because the cows belongs to a herd of the experimental research farm and they could not be inseminated soon after the voluntary waiting period. Therefore, reproductive data were not recorded.

Cows that have suboptimal BCS during productive period may produce less milk and have poor reproductive performance (Waltner *et al.*, 1993). Studies performed with the objective of evaluating the effect of BCS on milk production in dairy cows have shown contradictory results. Grainger *et al.*, (1982) reported an increase in milk production at the beginning of lactation associated with an increase in the BCS at calving. Similarly, Berry *et al.*, (2007) evaluated Holstein cows in a grazing system and observed that the total milk production during 305 DIM was higher in cows with higher BCS at calving (4.25 units), although the increase in BCS units was also associated with less lactation persistence. In contrast, the present study demonstrated that there was no difference in the milk production during the experimental period between cows with low and high BCS. However, cows with adequate BCS have higher milk production than cows with high BCS. One may concern that this study was performed with girolando crossbred cows and, therefore, this genetic group may have had a strong influence on the postpartum BCS and milk production relationship. Although more studies are needed to confirm the optimal BCS at calving for girolando dairy cows, the results of the present study showed that High (> 3.5) BCS at calving is the most detrimental BCS for milk production and energy balance in Girolando cows. In that regard, to evaluate how BCS can be used to detect nutritional management issues, there is already an available excel worksheet that can help producers to evaluate the effect the BCS in different lactation phase (available at: <http://jaci.cpafrro.embrapa.br/iECCleite.php>). Termed as BCS index, it was developed to assist producers to optimize the milk production and reproductive efficiency of the herd.

5. Conclusion

BCS is an important marker to estimate body reserves, as well as the nutritional condition of dairy herds, with direct impacts on the productive efficiency of the system. Girolando cows with adequate BCS at calving had higher milk production and better metabolic condition compared to cows with high BCS which, in general, did not differ from cows with low BCS. We believe that by performing more studies, increasing the number of animals in different stages of lactation, it will be possible to detect what would be the best recommended BCS according to the lactation phase which is associated with productive characteristics.

Acknowledgments

This study received funding support from Embrapa (MP1/PC3 Project n. 01.03.14.011.00.00) and from CNPq (Universal Project n: 407307/2016-8).

References

- Barletta, R. V., Maturana Filho, M., Carvalho, P. D., Del Valle, T. A., Netto, A. S., Rennó, F. P., Mingoti, R. D., Gandra, J. R., Mourão, G. B., Fricke, P. M., Sartori, R., Madureira, E. H., & Wiltbank, M. C. (2017). Association of changes among body condition score during the transition period with NEFA and BHBA concentrations, milk production, fertility, and health of Holstein cows. *Theriogenology*, 104, 30–36.
- Berry, D. P., Buckley, F., & Dillon, P. (2007). Body condition score and live-weight effects on milk production in Irish Holstein-Friesian dairy cows. *Animal*, 1(9), 1351–1359.
- Bewley, J. M., & Schutz, M. M. (2008). An Interdisciplinary Review of Body Condition Scoring for Dairy Cattle. *The Professional Animal Scientist*, 24(6), 507–529.
- Butler, S., Marr, A., Pelton, S., Radcliff, R., Lucy, M., & Butler, W. (2003). Insulin restores GH responsiveness during lactation-induced negative energy balance in dairy cattle: effects on expression of IGF-I and GH receptor 1A.
- Butler, W. (2005). Nutrition, negative energy balance and fertility in the postpartum dairy cow, *Cattle Practice*, 13, 13-18.
- Carvalho, P. D., Souza, A. H., Amundson, M. C., Hackbart, K. S., Fuenzalida, M. J., Herlihy, M. M., Ayres, H., Dresch, A. R., Vieira, L. M., Guenther, J. N., Grummer, R. R., Fricke, P. M., Shaver, R. D., & Wiltbank, M. C. (2014). Relationships between fertility and postpartum changes in body condition and body weight in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3666–3683.
- DEFRA, Department for Environment, Food & Rural Affairs. (2011). Condition scoring of dairy cows. (Publication PB6492). Department for Environment, Food and Rural Affairs.

- Domecq, J. J., Skidmore, A. L., Lloyd, J. W., & Kaneene, J. B. (1997). Relationship Between Body Condition Scores and Conception at First Artificial Insemination in a Large Dairy Herd of High Yielding Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 80(1), 113–120.
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T., & Webster, G. (1989). A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 72(1), 68–78.
- Ferguson, J.D. (1996). Diet, production and reproduction in dairy cows. *Animal Feed Science Technology*, 59(1), 173-184.
- Garnsworthy, P. C. (2007). Body Condition Score in Dairy Cows: Targets for Production and Fertility. *Recent Advances in Animal Nutrition*, 2006(1), 61–86.
- Gillund, P., Reksen, O., Gröhn, Y. T., & Karlberg, K. (2001). Body Condition Related to Ketosis and Reproductive Performance in Norwegian Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 84(6), 1390–1396.
- Grainger, C., Wilhelms, G., & McGowan, A. (1982). Effect of body condition at calving and level of feeding in early lactation on milk production of dairy cows. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 22(115), 9.
- Heuer, C., Schukken, Y. H., & Dobbelaar, P. (1999). Postpartum Body Condition Score and Results from the First Test Day Milk as Predictors of Disease, Fertility, Yield, and Culling in Commercial Dairy Herds. *Journal of Dairy Science*, 82(2), 295–304.
- Marija Klopčič, Hamoen, A., & Bewley, J. (2011). Body condition scoring of dairy cows. Biotechnical Faculty, Department Of Animal Science.
- Lowman, B. G., Scott, N. A., Somerville, S. H., & East. (1976). Condition scoring of cattle. *Edinburgh School Of Agriculture*.
- Markusfeld, O., Galon, N., & Ezra, E. (1997). Body condition score, health, yield and fertility in dairy cows. *Veterinary Record*, 141(3), 67–72.
- Middleton, E. L., Minela, T., & Pursley, J. R. (2019). The high-fertility cycle: How timely pregnancies in one lactation may lead to less body condition loss, fewer health issues, greater fertility, and reduced early pregnancy losses in the next lactation. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5577–5587.
- Moreira, F., Risco, C., Pires, M. F. A., Ambrose, J. D., Drost, M., DeLorenzo, M., & Thatcher, W. W. (2000). Effect of body condition on reproductive efficiency of lactating dairy cows receiving a timed insemination. *Theriogenology*, 53(6), 1305–1319.
- Pedron, O., Cheli, F., Senatore, E., Baroli, D., & Rizzi, R. (1993). Effect of Body Condition Score at Calving on Performance, Some Blood Parameters, and Milk Fatty Acid Composition in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 76(9), 2528–2535.
- Pfeifer, L. F. M., Castro, N. A., Neves, P. M. A., Cestaro, J. P., & Siqueira, L. G. B. (2017). Development and validation of an objective method for the assessment of body condition scores and selection of beef cows for timed artificial insemination. *Livestock Science*, 197, 82–87.

- PFEIFER, & SILVA. (2021). Índice de escore de condição corporal (iECC): ferramenta para monitorar ECC e aumentar a produtividade em rebanhos leiteiros. Embrapa Rondônia.
- Pires, J. A. A., Delavaud, C., Faulconnier, Y., Pomiès, D., & Chilliard, Y. (2013). Effects of body condition score at calving on indicators of fat and protein mobilization of periparturient Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science*, 96(10), 6423–6439.
- Pryce, J. E., Coffey, M. P., & Brotherstone, S. (2000). The Genetic Relationship between Calving Interval, Body Condition Score and Linear Type and Management Traits in Registered Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 83(11), 2664–2671.
- Rennó, F. P., Pereira, J. C., Santos, A. D. F., Alves, N. G., Torres, C. A. A., Rennó, L. N., & Balbinot, P. Z. (2006). Efeito da condição corporal ao parto sobre a produção e composição do leite, a curva de lactação e a mobilização de reservas corporais em vacas da raça Holandesa. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia*, 58(2), 220–233
- Ribeiro, E. S., Lima, F. S., Greco, L. F., Bisinotto, R. S., Monteiro, A. P. A., Favoreto, M., Ayres, H., Marsola, R. S., Martinez, N., Thatcher, W. W., & Santos, J. E. P. (2013). Prevalence of periparturient diseases and effects on fertility of seasonally calving grazing dairy cows supplemented with concentrates. *Journal of Dairy Science*, 96(9), 5682–5697.
- Roche, J. R., Macdonald, K. A., Burke, C. R., Lee, J. M., & Berry, D. P. (2007). Associations Among Body Condition Score, Body Weight, and Reproductive Performance in Seasonal-Calving Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 90(1), 376–391.
- Roche, J. R., Meier, S., Heiser, A., Mitchell, M. D., Walker, C. G., Crookenden, M. A., Riboni, M. Vailati., Loor, J. J., & Kay, J. K. (2015). Effects of precalving body condition score and prepartum feeding level on production, reproduction, and health parameters in pasture-based transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 7164–7182
- Roche, J. R., Lee, J. M., Macdonald, K. A., & Berry, D. P. (2007). Relationships Among Body Condition Score, Body Weight, and Milk Production Variables in Pasture-Based Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 90(8), 3802–3815.
- Waltner, S. S., McNamara, J. P., & Hillers, J. K. (1993). Relationships of Body Condition Score to Production Variables in High Producing Holstein Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 76(11), 3410–3419.
- Ward, W. (1995). The use of blood biochemistry for determining the nutritional status of dairy cows. In Garnsworthy, P. C., & James, D. Recent advances in animal nutrition (29-51). Nottingham University Press.

3.2. Artigo 2

RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DE ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL, PRODUÇÃO DE LEITE E FERTILIDADE DE VACAS LEITEIRAS

LIMA, R. A.; SILVA, K. A.; NAKASHIMA, S.; SILVA, J. T.; PFEIFER, L. F. M.

Artigo pronto para submissão

Relação entre o índice de escore de condição corporal, produção de leite e fertilidade de vacas leiteiras

LIMA, R. A.; SILVA, K. A.; NAKASHIMA, S.; SILVA, J. T.; PFEIFER, L. F. M.

Rhuan Amorim de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5148-8494>
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil
E-mail: rhuan.lima@embrapa.br

Kaio Alexandre da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4316-012X>
Instituto Federal de Rondônia, Brasil
E-mail: kaio.silva@ifro.edu.br

Sidnei Nakashima

ORCID: <https://orcid.org/>
DeLaval, Brasil

Jackeline Thaís da Silva

ORCID: <https://orcid.org/>
DeLaval, Brasil

Luiz Francisco Machado Pfeifer

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-951X>
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil
E-mail: luiz.pfeifer@embrapa.br

RESUMO

A avaliação visual do escore de condição corporal (ECC) é um método importante para a quantificação subjetiva das reservas de energia corporal em bovinos, neste contexto um método chamado de índice de ECC (iECC) foi proposto para lidar de forma mais robusta com os dados de ECC. O objetivo deste estudo foi comparar a performance reprodutiva e a produção de leite entre vacas com o ECC dentro, acima e abaixo das recomendações do iECC. Foram utilizados dados de 731 vacas leiteiras da raça Holandês submetidas a manejo reprodutivo por IATF. Os animais foram avaliados por um sistema automatizado, DeLaval BSC® (DeLaval, Suíça), para mensuração do ECC, com base nos dados coletados o iECC foi calculado e os grupos formados de acordo com o iECC em: 1) ECC Adequado, 2) ECC Superior, vacas que registraram ECC acima dos limites recomendados, e 3) ECC Inferior, vacas que registraram ECC abaixo dos limites recomendados. As variáveis calculadas e utilizadas no estudo foram: ECC, perda de ECC entre o parto e 50 dias em lactação, intervalo entre partos, taxa de prenhez à primeira IA, número de serviços por concepção e produção de leite. Vacas com ECC superior

apresentaram menor produção de leite ($P < 0,0001$) que animais com ECC adequado ou inferior. Vacas multíparas classificadas com iECC inferior apresentaram maior IEP ($P < 0,0001$) quando comparadas a vacas classificadas com iECC adequado, o IEP de vacas multíparas classificadas como iECC superior não diferiu das classificadas com iECC adequado e inferior. Em primíparas a taxa de vacas não prenhes ao longo da lactação demonstrou que vacas com ECC adequado emprenharam mais cedo do que vacas com ECC superior ($P = 0,05$). No presente estudo vacas classificadas com ECC adequado segundo as recomendações do iECC apresentaram maior produção de leite e, de maneira geral, melhores resultados reprodutivos, demonstrando assim que o iECC é uma alternativa viável para direcionar manejos nutricionais visando otimizar os resultados produtivos de rebanhos leiteiros.

Palavras-chave: ECC; Balanço energético; Reprodução; IATF.

INTRODUÇÃO

Avaliar o balanço energético (BE) é de grande relevância para o monitoramento da saúde, produção e reprodução de vacas leiteiras (Heuer *et al.*, 1999; Pryce *et al.*, 2001; Berry *et al.*, 2006; Roche *et al.*, 2007). Um dos desafios dos sistemas de produção de leite de alto desempenho é como avaliar de forma prática, rápida e eficiente o BE de vacas leiteiras. A avaliação visual do escore de condição corporal (ECC) é um método prático, barato e fornece uma estimativa das reservas de energia corporal dos bovinos. Inúmeros trabalhos demonstram a relação entre o ECC e a resposta produtiva e reprodutiva de vacas leiteiras (Edmonson *et al.*, 1989; Waltner *et al.*, 1993; Pryce *et al.*, 2000; Adrien *et al.*, 2012; Pires *et al.*, 2013; Barletta *et al.*, 2017; Gobikrushanth *et al.*, 2019). Após o parto é comum que vacas de leite percam ECC devido às alterações metabólicas que ocorrem neste período, a severidade da perda de ECC no pós-parto pode afetar a fertilidade subsequente de vacas de leite (Carvalho *et al.*, 2014). Vacas com baixo ECC no período pós-parto podem ter reduzida taxa de concepção ao primeiro serviço (Domecq *et al.*, 1997; Moreira *et al.*, 2000; Santos *et al.*, 2009) com impactos no intervalo de partos (IEP) e na produção de leite ao longo do tempo (Gobikrushanth *et al.*, 2019). Por outro lado, já foi demonstrado que vacas que perdem pouco ou mantêm o ECC nas primeiras semanas de lactação têm aumento na taxa de prenhez por inseminação (P/IA; Carvalho *et al.*, 2014) possibilitando que essas fêmeas atinjam ciclos de alta fertilidade (CAF) (Middleton *et al.*, 2019), os quais são caracterizados por alta taxa de prenhez logo no início do período reprodutivo e IEP reduzido. A capacidade intrínseca da vaca de leite em equacionar as exigências energéticas demandadas pela lactação vai determinar a saúde do animal e a fertilidade no período pós-parto (PPP) recente (Ribeiro *et al.*, 2013). Nesse cenário, o ECC é um importante

marcador da saúde das vacas e é uma ferramenta importante para monitorar o estado nutricional de rebanhos leiteiros (Heuer *et al.*, 1999).

Apesar do uso do ECC ser conhecido desde a década de 1970 (Lowman *et al.*, 1976) e da vasta literatura que comprova sua importância, a adoção da mensuração do ECC de todas as vacas de um rebanho ainda não é rotina na totalidade das propriedades de leite. A dificuldade de adoção pode estar na necessidade de avaliar periodicamente cada animal do rebanho ou ainda pode residir na dificuldade em interpretar e transformar os valores de ECC em informações capazes de orientar os manejos nutricional e reprodutivo. Para automatizar o processo de coleta de dados do ECC e minimizar a subjetividade da avaliação visual, há a possibilidade de utilizar câmeras digitais capazes realizar avaliação objetiva do ECC (Fergusson *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2020; Albonoz *et al.*, 2022). Entretanto, com relação ao tratamento e uso dos dados do ECC, o desafio persiste, pois, utilizar médias para o ECC pode levar a geração de informações superficiais que não condizem com a realidade do rebanho e ainda pode gerar interpretações equivocadas e induzir a erros de manejo.

Tendo em vista a importância de manejar a condição corporal das vacas em todas as fases de produção (do início da lactação até o período seco), é importante criar métodos mais robustos que permitam o tratamento e uso dos dados de ECC para tomada de decisões mais adequadas no manejo nutricional e reprodutivo do rebanho. Como alternativa, um novo método chamado de índice de ECC (iECC) foi proposto por Pfeifer e Silva (2021) para lidar de forma mais robusta com os dados de ECC. O iECC envolve uma série de cálculos que levam em consideração se a vaca está dentro de uma faixa de adequação de ECC e também o quanto de desconformidade um animal está do que se considera como ECC ideal de acordo com a fase de lactação. O iECC é um índice expresso em percentual, que pode variar de 0 a 100%, e se propõem a estimar o quanto do potencial produtivo das vacas está sendo explorado, auxiliando o produtor a detectar o quanto pode melhorar seu manejo para aumentar a produtividade do rebanho.

Baseado nessas considerações, este estudo objetivou comparar a performance reprodutiva e produção de leite entre vacas com o ECC dentro, acima e abaixo das recomendações do iECC. A hipótese desse estudo é que vacas que mantiveram o ECC dentro do recomendado ao parto e durante a lactação apresentam melhor fertilidade e maior produção de leite do que vacas com ECC considerado inadequado.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais, alojamento e alimentação

Este estudo retrospectivo foi conduzido com dados de 731 vacas leiteiras lactantes da raça Holandês de uma fazenda de leite localizada na cidade de Carambeí, PR, Brasil, referentes ao período de fevereiro de 2020 e maio de 2021. Os animais encontravam-se alojados em sistema *free stall*, com livre acesso à água. A alimentação era fornecida no formato de ração total misturada (TMR) uma vez ao dia, ao início da manhã, diariamente as sobras da dieta do dia anterior eram recolhidas antes do fornecimento da dieta do dia. As dietas TMR foram balanceadas por nutricionista profissional de forma a atingir as exigências nutricionais de vacas leiteiras em lactação de acordo com o NRC (2001). A base da dieta consistia de utilização de silagem de milho, pré-secado de alfafa, silagem de aveia, resíduo de cervejaria e alfafa fresca como volumosos. A fração de concentrados era composta por subprodutos de milho (silagem de grão úmido, fubá e grãos de destilaria secos com solúveis) e soja (farelo e casca) adicionados de suplementação de minerais e vitaminas.

Ordenha

Os animais eram ordenhados por meio de ordenha mecanizada do tipo carrossel três vezes ao dia, a produção individual de leite foi registrada em cada ordenha por meio do sistema automatizado de ordenha e armazenada no *software* de gestão da propriedade (DeLaval DelPro®, DeLaval, Suíça).

Manejo reprodutivo

Todas as vacas foram submetidas à programa de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) a partir dos 45 dias de lactação por meio do seguinte protocolo: no Dia 0, administração i.m. de 10,5 µg de GnRH (2,5 mL de Gonaxal®, Biogénesis Bagó, Argentina), 2 mg de benzoato de estradiol (2,5 mL de Syncrogen®, GlobalGen Vet Science, Brasil) e inserção do dispositivo intravaginal de progesterona (Repro Sync®, GlobalGen Vet Science, Brasil); no dia 7, administração i.m. de 0,5 mg de Cloprostenol (2 mL de Induscio®, GlobalGen Vet Science, Brasil); no dia 8, administração i.m. de 0,5mg de Cloprostenol (2mL de Induscio®, GlobalGen Vet Science, Brasil), 1 mg de Cipionato de estradiol (0,5mL de Cipion®, GlobalGen Vet Science, Brasil) e retirada dispositivo liberador de progesterona. No Dia 10, as vacas

receberam 10,5 µg de GnRH (2,5mL de Gonaxal®, Biogénesis Bagó, Argentina) i.m. e foram inseminadas.

As vacas que apresentavam cio entre 17 e 23 dias após a IATF eram novamente inseminadas 12h após a identificação do cio. O diagnóstico de gestação foi realizado 30 dias após a inseminação por meio de exame ultrassonográfico, baseando-se pela presença de corpo lúteo e visualização do embrião. Animais com diagnóstico negativo de prenhez foram ressubmetidas ao mesmo protocolo de IATF.

Todas as vacas receberam bST (500 mg/dose; Posilac; Monsanto Co., EUA) a cada 11 dias iniciando 60 dias pós-parto, sendo suspensa a aplicação 10 dias antes da data prevista para secagem do animal.

Dados reprodutivos tais como data do parto, datas das inseminações e diagnósticos de gestação foram obtidos do software de gestão DeLaval DelPro®.

Avaliação de ECC, cálculo do iECC e grupos experimentais

A avaliação do ECC das vacas lactantes foi realizada diariamente por meio de imagens dos animais capturadas no corredor de saída da sala de ordenha utilizando equipamento automatizado DeLaval BSC® (DeLaval, Suíça). O processo de captura de imagem era iniciado a partir da passagem dos animais sob a câmera de avaliação do ECC que captura um vídeo contínuo a 30 *frames* por segundo produzindo uma imagem em 3 dimensões que era salva pelo software da câmera. Em um segundo processo a imagem salva era processada por um algoritmo que identifica e avalia pontos anatômicos específicos (tuberosidades do íleo e ísquio, inserção da cauda, ligamento sacral e os processos transversos das vértebras lombares) e fornece, de maneira automatizada, o valor de ECC utilizando a escala de 1 a 5 com incrementos de 0,01 unidades.

Para realizar do cálculo do iECC e a separação dos grupos experimentais foi utilizado a metodologia proposta por Pfeifer e Silva (2021). O iECC de cada vaca foi calculado ao parto e em seguida as vacas foram separadas de acordo com o iECC em: 1) ECC Adequado (259 multíparas e 157 primíparas), vacas com PVEA de 100% e iECC > 90%, 2) ECC Superior (100 multíparas e 148 primíparas), vacas que registraram ECC acima dos limites recomendados com PVEA de 0% e iECC < 50% e 3) ECC Inferior (67 multíparas e 0 primíparas), vacas que registraram ECC abaixo dos limites recomendados com PVEA de 0% e iECC < 50%. O ECC ao parto foi considerado como primeiro dado registrado pela câmera de ECC entre os dias 1 e 7 pós-parto. O agrupamento das vacas baseado no iECC do parto foi utilizado para comparar o

desempenho dos grupos quanto à taxa de prenhez à primeira IA (P1IA), número de serviços por concepção (SPC), intervalo entre partos (IEP), perda ECC entre os dias 0 e 50 pós-parto (Δ ECC 0-50) e a curva de sobrevivência do intervalo de dias para prenhez pós-parto.

Especificamente para a comparação da produção de leite, a adequação ao iECC foi calculada ao parto e também para cada fase de lactação e em seguida foram mantidas apenas as vacas que sustentaram a mesma avaliação do parto por toda lactação. Assim, a produção de leite durante toda a lactação foi avaliada em 212 vacas, sendo 83 (46 multíparas e 37 primíparas) do grupo Adequado, 55 (24 multíparas e 31 primíparas) do Grupo Superior e 74 vacas (64 multíparas e 10 primíparas) do grupo Inferior.

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software estatístico SAS 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), considerando diferenças significativas resultados de $P \leq 0,05$. Para os dados de IEP, ECC ao parto, SPC e Δ ECC 0-50 foi utilizado ANOVA, e as médias comparadas entre os grupos usando o teste *post hoc* de Tukey. Dados de produção de leite e de ECC ao longo da lactação foram avaliados por medidas repetidas em função do tempo onde os efeitos de Grupo, dias em lactação (DEL) e a interação Grupo*DEL foram calculadas. Os dados de P1IA foram avaliados pelo teste de Qui-quadrado.

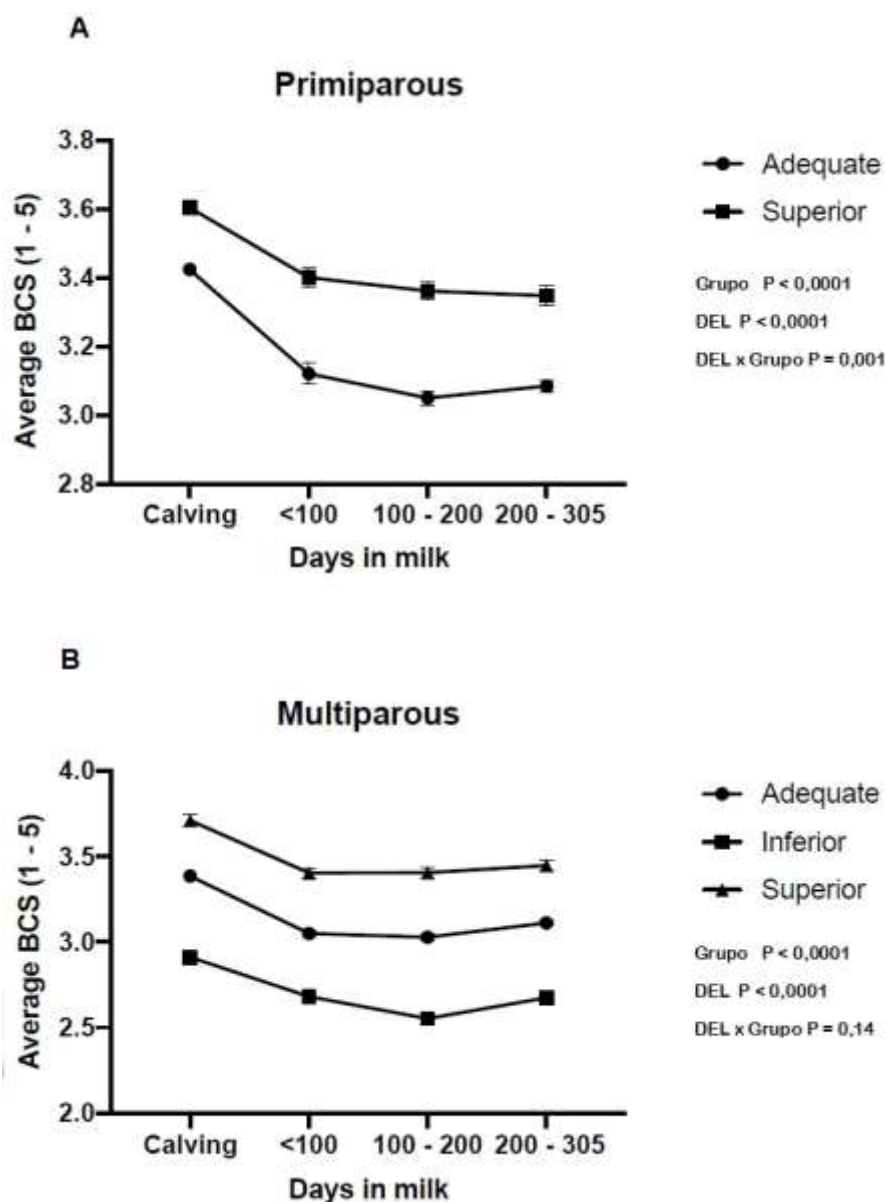
RESULTADOS

O ECC médio do rebanho ao parto foi de $3,39 \pm 0,00$ (média $\pm$ erro padrão), tendo as vacas multíparas o valor médio de $3,32 \pm 0,01$ e as vacas primíparas $3,50 \pm 0,01$. A média do ECC diferiu entre os grupos ao parto (Tabela 1), e nas diferentes fases da lactação tanto para vacas primíparas (Figura 1A), quanto para multíparas (Figura 1B).

Tabela 1. Número de animais e média do ECC ao parto de vacas primíparas e multíparas (média $\pm$ erro padrão da média).

	ECC Inferior		ECC Adequado		ECC Superior	
	n	ECC	n	ECC	n	ECC
Primíparas	0/305 (0%)	-	157/305 (50%)	$3,37 \pm 0,11$	148/305 (47,14%)	$3,63 \pm 0,14$
Multíparas	67/426 (15,73%)	$2,88 \pm 0,16$	259/426 (60,80%)	$3,30 \pm 0,13$	100/426 (23,47%)	$3,66 \pm 0,23$

Figura 1. Médias do ECC em diferentes fases de lactação de vacas primíparas (A) e múltíparas (B) em função da classificação da adequação do ECC ao Índice de Escore de Condição Corporal.

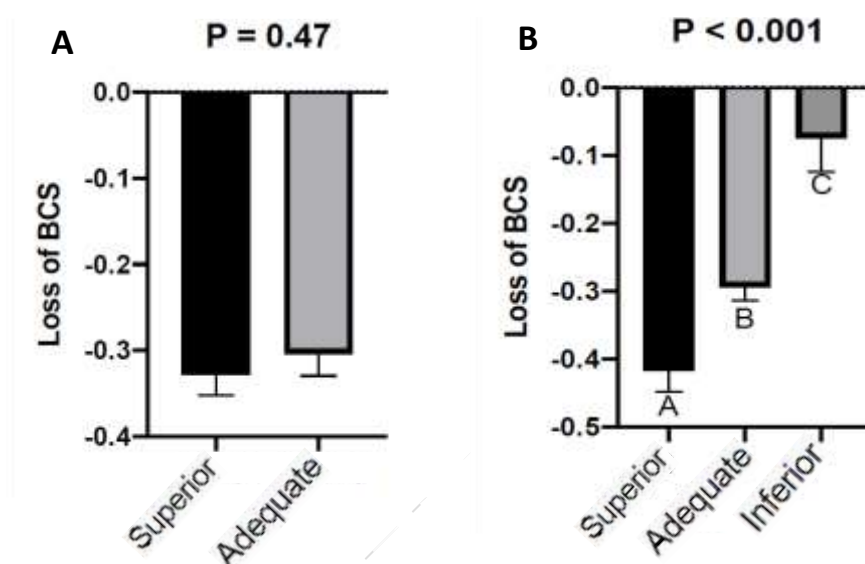


Os valores calculados do iECC e do PVEA ao parto para o rebanho estão descritos na Tabela 2. Vacas múltíparas apresentaram diferença na perda de ECC entre o parto e 50 DEL, onde vacas classificadas como ECC inferior apresentaram as menores perdas, seguidas pelo grupo ECC adequado e ECC superior com as maiores perdas, $0,07 \pm 0,22$, $0,29 \pm 0,25$, $0,42 \pm 0,27$, respectivamente (Figura 2).

Tabela 2. Índice de Escore de Condição Corporal (iECC) e proporção de vacas em escore adequado (PVEA) ao parto calculados para o rebanho, para as vacas primíparas e para vacas multíparas.

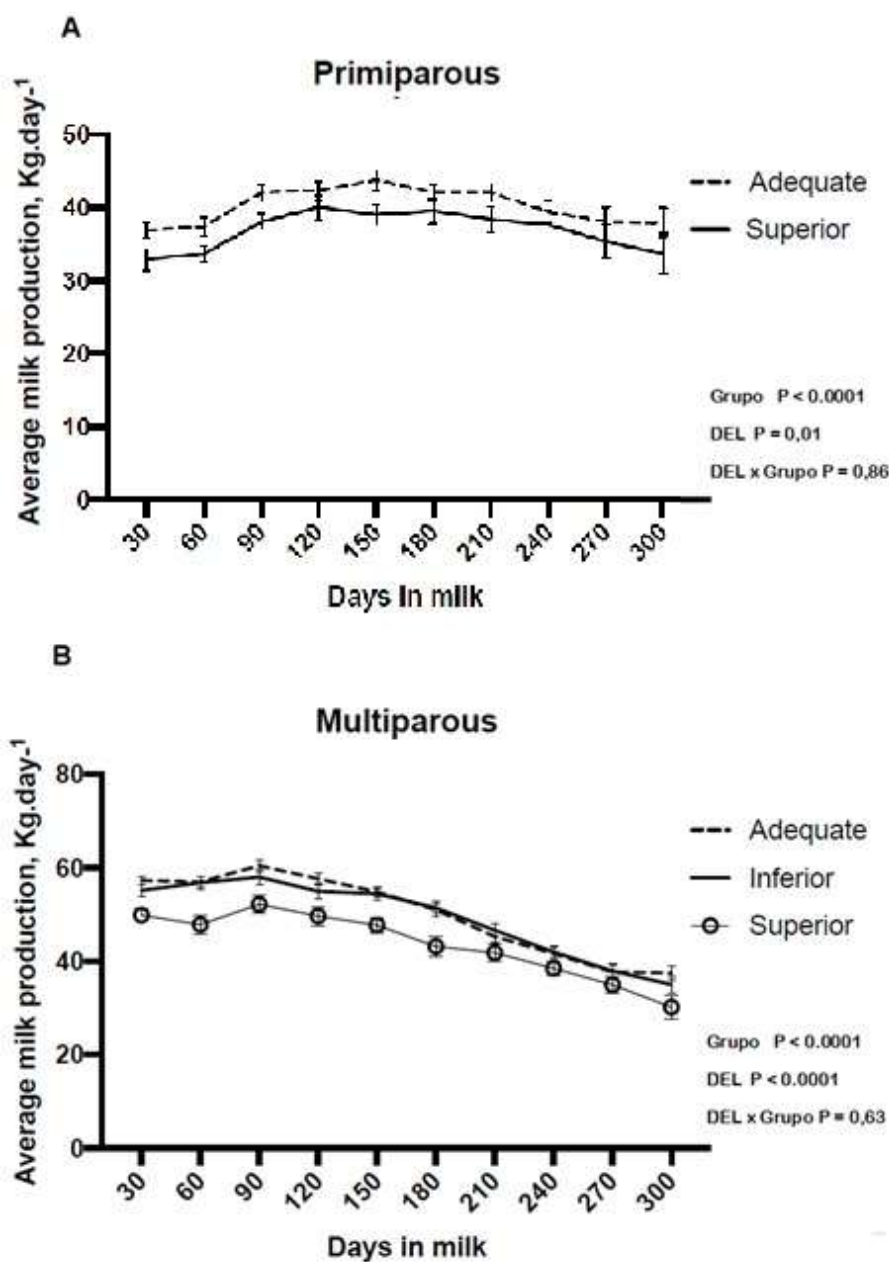
	iECC (%)	PVEA (%)
Rebanho	79,07	58,14
Multíparas	82,75	65,49
Primíparas	73,93	47,87

Figura 2. Perda de ECC entre parto e 50 dias em lactação para vacas primíparas (A) e multíparas (B) por classificação de adequação do ECC ao Índice de Escore de Condição Corporal.



Neste estudo 29% das vacas mantiveram sua categoria de ECC avaliada ao parto ao longo de toda lactação (212/731), sendo 134 vacas multíparas, 46 categorizadas com ECC adequado (34,33%), 64 com ECC inferior (47,76%) e 24 com ECC superior (17,91%). Para as vacas primíparas 78 mantiveram a categoria de ECC, sendo 37 categorizadas com ECC adequado (47,43%), 10 com ECC inferior (12,82%) e 31 com iECC superior (39,74%). Para estes animais foram observadas diferenças na curva de lactação (Figura 3). Vacas multíparas com ECC superior ao parto e ao longo de toda lactação tiveram uma produção média diária de leite menor ($P < 0,0001$) que vacas que mantiveram o ECC adequado ou inferior na lactação. Similarmente, vacas primíparas com ECC adequado apresentaram uma produção média diária de leite superior ($P < 0,0001$) às classificadas como ECC superior.

Figura 3. Produção de leite de vacas primíparas (A) e múltíparas (B) em função da classificação do Índice de Escore de Condição Corporal.



Os valores de IEP, P1IA e SPC estão descritos na Tabela 3. Vacas múltíparas classificadas ao parto com iECC inferior apresentaram maior IEP quando comparadas com vacas classificadas com iECC adequado ($P < 0,05$). Já o IEP de vacas múltíparas classificadas como iECC superior não diferiu ($P > 0,05$) das classificadas com iECC adequado e inferior. Nas primíparas, não houve diferença ($P = 0,40$) no IEP entre vacas com ECC adequado e superior. Vacas múltíparas com iECC adequado ou superior ao parto emprenharam mais cedo na lactação, em comparação com vacas com iECC inferior (Figura 4A). Já em primíparas a taxa

de fêmeas não prenhes ao longo da lactação demonstrou que vacas com ECC adequado emprenharam mais cedo do que vacas com ECC superior (Figura 4B).

Neste estudo não foram observadas diferenças entre P1IA nas vacas multíparas em função da classificação do iECC, entretanto para vacas primíparas as classificadas como adequadas obtiveram melhores resultados. Não foi observada relação entre o SPC e a classificação do iECC ao parto.

Figura 4. Curva de sobrevivência para o efeito da classificação de iECC sobre o intervalo de dias para prenhez em vacas holandesas primíparas (A) e multíparas (B).

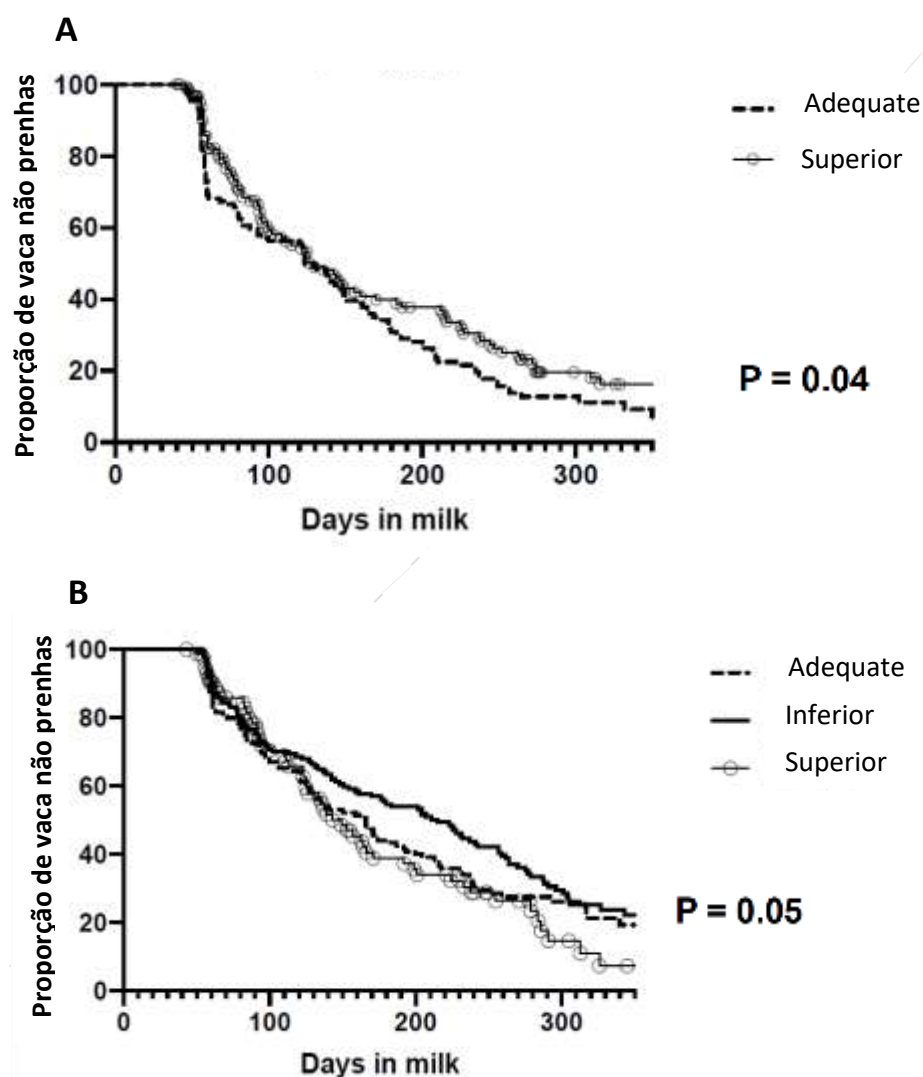


Tabela 3. Intervalo entre partos, taxa de prenhez à primeira inseminação e número de serviços por concepção para vacas multíparas e primíparas por classificação do iECC.

		Inferior	Adequada	Superior	Valor de P
Intervalo entre partos	Multíparas	456,82 ± 9,51 ^A	413,94 ± 10,18 ^B	453,94 ± 13,38 ^{AB}	< 0,01
	Primíparas	-	401,39 ± 7,37 ^A	410,63 ± 8,27 ^A	0,40
Taxa de prenhez à primeira inseminação	Multíparas	16%	17%	10%	0,41
	Primíparas	-	32% ^A	20% ^B	0,02
Número de serviços por concepção	Multíparas	3,18 ± 0,19 ^A	2,72 ± 0,20 ^A	3,08 ± 0,27 ^A	0,25
	Primíparas	-	2,65 ± 0,17 ^A	2,69 ± 0,19 ^A	0,88

^{AB} Valores seguidos de letras diferentes na mesma linha diferem entre si.

DISCUSSÃO

No presente estudo vacas classificadas como adequadas segundo as recomendações do iECC, apresentaram maior produção de leite e, de maneira geral, melhores resultados reprodutivos. Até onde sabemos é a primeira vez que os dados de ECC de vacas leiteiras são tratados e transformados em um índice. Além disso, o estudo indica que vacas com melhor iECC estão associadas à maior fertilidade e maior produção de leite. No presente estudo, apesar das médias dos ECC ao parto dos animais avaliados estarem dentro de uma faixa considerada como recomendada, entre 3,0 e 3,5, de acordo com alguns autores (Ferguson *et al.*, 2006; Berry, *et al.*, 2007; Chagas *et al.*, 2017; Middleton *et al.*, 2019), ao aferirmos o percentual de vacas com escore adequado segundo a metodologia do cálculo do iECC, apenas 58,14 % das vacas do rebanho realmente estariam com ECC dentro da faixa desejada. Esse resultado evidencia a fragilidade de utilizar a média de ECC como indicador e balizador para manejos do rebanho. Esta situação é ainda mais evidente quando consideramos apenas as vacas primíparas que apresentaram ECC médio ao parto de 3,5 pontos, todavia apenas 47,87% destas realmente se apresentavam no intervalo desejável de ECC para o período.

Foi possível observar que independente da classificação da adequação às recomendações do iECC, vacas primíparas e múltíparas apresentaram diferenças entre o ECC do parto e as demais fases da lactação, demonstrando haver diferenças nas reservas corporais entre as fases, e corroborando com a hipótese de que existem diferenças entre as condições desejáveis para cada fase de lactação para maximizar a expressão do potencial produtivo das vacas leiteiras. É relatado que as alterações de ECC que mais impactam o desempenho produtivo e reprodutivo ocorrem no período pós-parto entre o parto e o ponto mais baixo da condição corporal pós-parto (*nadir* do ECC) (Roche *et al.*, 2007b), e entre o parto e o momento da cobertura (Buckley *et al.*, 2003). De maneira geral, para todos os grupos deste estudo houve uma redução das reservas corporais pós-parto, condição esperada uma vez que neste período de transição diversas mudanças e ajustes metabólicos e hormonais ocorrem e, em geral, as vacas leiteiras passam neste período por um rápido aumento na demanda energética sem que a ingestão alimentar aumente na mesma proporção, o que culmina com uma mobilização de reservas corporais (Garnsworthy, 1988; Nebel and McGilliard, 1993; Grummer *et al.*, 1995). O controle dos níveis e da intensidade das oscilações das reservas corporais é um importante fator de manejo, influenciando a saúde animal, a produção de leite e a reprodução em vacas leiteiras (Stockdale, 2001; Buckley *et al.*, 2003).

Em vários estudos foi avaliada a intensidade das mudanças de ECC pós-parto como fator relacionado ao desempenho produtivo e reprodutivo de rebanhos leiteiros (Adrien *et al.*, 2012; Pires *et al.*, 2013; Barletta *et al.*, 2017; Gobikrushanth *et al.*, 2019). Entretanto, apesar de diversos estudos indicarem esta relação, este indicador não possibilita ao produtor uma detecção prévia dos animais que necessitarão de ajustes em seu manejo nutricional. Dessa forma, o foco deste estudo esteve em utilizar nas avaliações o ECC, em especial ao parto, empregando as recomendações do iECC como referência.

Estudos anteriores avaliando as alterações de ECC de vacas leiteiras entre os períodos pré e pós-parto, apesar de não terem observado efeito da mudança de ECC na produção de leite no início da lactação (Pires *et al.*, 2013; Barletta *et al.*, 2017; Gobikrushanth *et al.*, 2019), relatam menor produção de leite ajustada para 305 dias em vacas com ganho de escore quando comparadas com vacas com perda ou manutenção de escore (Gobikrushanth *et al.*, 2019).

Considerando o ECC médio pré-parto dos grupos no estudo de Gobikrushanth *et al.* (2019), é possível observar que, em contraste com os achados de nosso estudo, os animais com maior produção foram os com maior valor médio de ECC ao parto. De maneira similar, Rennó *et al.* (2006) relataram uma maior produção de leite em vacas com maiores ECC ao parto ($\geq 3,25$) e também um padrão de mobilização das reservas corporais mais acentuado neste grupo ao início da lactação. Roche *et al.* (2007a) ao analisarem 2.463 registros de lactação de vacas leiteiras, concluíram haver uma relação não linear (quadrática) entre ECC ao parto e a produção de leite, em que ECC ao parto de 3,50 apresentou os maiores valores de produção, dados que reforçam a hipótese da existência de uma faixa de ECC mais favorável a manifestação do potencial produtivo das fêmeas conforme preconizado pelo iECC.

Diversos estudos apontam existir uma evolução oposta entre o potencial de produção de leite e a performance reprodutiva de rebanhos leiteiros (Beam e Butler, 1999; Darwash *et al.*, 1999; Royal *et al.*, 2000; Pryce *et al.*, 2004; Grimard *et al.*, 2006; Cutullic *et al.*, 2012). Os principais *index* genéticos de programas de melhoramento têm sido direcionados a características de produção de leite que possuem correlação negativa com fertilidade (Veerkamp *et al.*, 2001; Heringstad *et al.*, 2003; Dillon, 2006). Neste contexto, o adequado manejo da condição corporal em vacas de alto mérito genético para produção de leite torna-se ainda mais importante para obtenção de boas performances reprodutivas. Os dados deste estudo demonstram haver uma associação entre a classificação do iECC ao parto e a performance reprodutiva dos animais.

De maneira similar ao observado neste estudo, outros autores também demonstram que vacas mais magras e/ou com balanço energético mais negativo tendem a ter fertilidade mais baixa (Pryce *et al.*, 2000, 2001; Veerkamp *et al.*, 2000; Roche *et al.*, 2007b) corroborando com nossos achados. Roche *et al.* (2007b) sugerem que o ECC ao parto ou ao início da lactação tenha um impacto negativo em especial no início do programa reprodutivo, comportamento consistente com o encontrado onde vacas com iECC adequado ao parto emprenharam mais cedo na lactação.

Estudos anteriores relataram existir uma relação entre ECC altos ao parto e/ou perdas acentuadas de ECC após o parto com altas concentrações circulantes de ácidos graxos não esterificados (AGNE) e beta-hidroxibutirato (β HBA) (Adrien *et al.*, 2012; Pires *et al.*, 2013) e redução da saúde pós-parto (Roche *et al.*, 2015). O desenvolvimento no período pós-parto de metrite, cetose e deslocamento de abomaso estão relacionados com os níveis plasmáticos de AGNE, onde animais com níveis mais altos têm risco relativo maior de desenvolver alterações (Vernon, 2005; Chapinal *et al.*, 2011; Kervin *et al.*, 2022). Não apenas vacas com altos ECC correm maior risco de distúrbios metabólicos pós-parto (Randall *et al.*, 2015), mas também vacas com ECC baixos podem ser mais suscetíveis a alterações patológicas no pós-parto (Pires *et al.*, 2013). Infelizmente não foi possível obter os dados de eventos de saúde do rebanho no presente estudo, consequentemente não foram avaliadas possíveis associações com as classificações de ECC.

Diversos estudos relatam uma associação negativa dos níveis circulantes de AGNE com a eficiência reprodutiva de vacas leiteiras, Ospina *et al.* (2010) demonstraram que taxas aumentadas de AGNE no período de transição impactam negativamente na taxa de prenhez aos 70 dias após o período voluntário de espera. Neste mesmo sentido, Garverick *et al.* (2013) e Carvalho *et al.* (2014), também relataram impactos negativos na fertilidade pós-parto nestas condições. Neste ponto é interessante registrar que, de maneira diferente dos trabalhos citados, no presente estudo as vacas múltiparas classificadas como iECC adequado e iECC superior apresentaram resultados semelhantes quanto ao tempo para conceber pós-parto, o que não ocorreu com as fêmeas primíparas, onde as classificadas com iECC adequado obtiveram melhor P1IA que as classificadas como iECC superior. Lopez-Gatius *et al.* (2003) ao realizar uma meta-análise com 7733 vacas, relataram existir uma associação entre ECC ao parto e o risco relativo de concepção na primeira IA apenas para animais com baixo ECC ao parto ($\leq 2,5$), estes animais apresentam, segundo os autores, 9% menos chance de prenhez quando comparados à animais com condição intermediária (ECC entre 2,5 e 3,5). Estes autores não observaram associação entre o risco relativo de concepção na primeira IA e mudanças de ECC

no período inicial da lactação, entretanto ressaltam que há uma grande variabilidade de resultados reportados na literatura acerca da associação das mudanças de ECC e concepção na primeira IA. Em contraste, Gobikrushanth *et al.* (2019), avaliaram os efeitos das mudanças de ECC pós parto e observaram que vacas com maior perda de ECC ($\geq 0,75$ unidades) tiveram menor P1IA do que vacas com moderada perda (0,25 ou 0,50 unidades), com manutenção ou com ganho ($\geq 0,25$ unidades) de ECC. Ainda, os autores observaram que as vacas que mais perderam ECC tiveram maior produção de leite, apresentando assim relação antagônica entre a produção de leite e a eficiência reprodutiva.

É possível observar que os diversos trabalhos relatados apresentam recomendações de ECC associados à melhores resultados de produção de leite ou à melhores índices reprodutivos, todavia nenhum destes foi exitoso em apresentar uma recomendação que conseguisse combinar concomitantemente melhorias em ambos os aspectos. Essas considerações nos motivam a utilizar o iECC como método para lidar com dados de ECC por conseguir tratar vacas com ECC inferior ou superior ao desejado como ECC inadequados, o que não ocorre ao utilizar a média do ECC. Dessa forma, por meio do iECC foi possível agrupar as vacas, grupo iECC adequado, com os melhores resultados em produção de leite e, de maneira geral, também com os melhores resultados reprodutivos.

CONCLUSÃO

Os dados do presente estudo demonstraram haver diferenças nas reservas corporais entre as fases da lactação, e corroboram com a hipótese de que existem diferenças entre as condições desejáveis para cada fase de lactação para maximizar a expressão do potencial produtivo das vacas leiteiras. As recomendações do iECC mostraram-se uma alternativa eficaz para trabalhar os dados de ECC. Vacas classificadas com ECC adequado segundo as recomendações do iECC foram o único grupo a agregar as melhores respostas tanto na produção de leite quanto nos aspectos reprodutivos, demonstrando assim que o iECC é uma alternativa viável para direcionar manejos nutricionais visando otimizar os resultados produtivos de rebanhos leiteiros.

REFERÊNCIAS

- ADRIEN, M.L.; MATTIAUDA, D.A.; ARTEGOITIA V.; CARRIQUIRY M.; MOTTA, G.; BENTANCUR, O. Nutritional regulation of body condition score at the initiation of the transition period in primiparous and multiparous dairy cows under grazing conditions: milk production, resumption of post-partum ovarian cyclicity and metabolic parameters. **Animal**, v. 6, n. 2, p. 292-299, 2012.
- ALBORNOZ, R.I.; GIRI, K.; HANNAH, M.C.; WALES, W.J. An Improved Approach to Automated Measurement of Body Condition Score in Dairy Cows Using a Three-Dimensional Camera System. **Animals**, v. 12, n. 1, 2022.
- BEAM, S. W.; BUTLER, W. R. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. **Journal of reproduction and fertility - Supplement**. v. 54, p. 411–424, 1999.
- BERRY, D. P.; BUCKLEY, F.; DILLON, P. Body condition score and live-weight effects on milk production in Irish Holstein- Friesian dairy cows. **Animal**, v. 1, n. 9, p. 1351-1359, 2007.
- CARVALHO, P.D.; SOUZA, A. H.; AMUNDSON, M. C.; HACKBART, K. S.; FUENZALIDA, M. J.; HERLIHY, M. M.; AYRES, H.; DRESCH, A. R.; VIEIRA, L. M.; GUENTHER, J. N.; GRUMMER, R. R.; FRICKE, P. M.; SHAVER, R. D.; WILTBANK, M. C. Relationships between fertility and postpartum changes in body condition and body weight in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 6, p. 3666-3683, 2014.
- CHAPINAL, N.; CARSON, M.; DUFFIELD, T.F.; CAPEL, M.; GODDEN, S.; OVERTON, M.; SANTOS, J.E.P.; LEBLANC, S.J. The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 4897-4903, 2011.
- DARWASH, A. O.; LAMMING, G. E.; WOOLLIAMS, J. A. The potential for identifying heritable endocrine parameters associated with fertility in post-partum dairy cows. **Journal Animal Science**. v. 68, p. 333–347, 1999.

DOMECQ, J. J.; SKIDMORE, A. L.; LLOYD, J. W.; KANEENE, J. B. Relationship between body condition scores and conception at first artificial insemination in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 1, p. 113-120, 1997.

EDMONSON, A. J.; LEAN, J.; WEAVER, L. D.; FARVER, T.; WEBSTER, G. A body condition scoring chart for Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 72, n. 1, p. 68-78, 1989.

FERGUSON, J. D. Diet, production and reproduction in dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 59, n. 1-3, p. 173-184, 1996.

GOBIKRUSHANTHA, M.; MACMILLAN, K.; BEHROUZIB, A.; HOFFC, B.; COLAZOB, M.G. The factors associated with postpartum body condition score change and its relationship with serum analytes, milk production and reproductive performance in dairy cows. **Livestock Science**, v. 288, p. 151-169, 2019.

HEUER, C.; SCHUKKEN, Y.H.; DOBBELAAR, P. Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 295-304, 1999.

KERWIN, A.L.; BURHANS, W.S.; MANN, S.; TETREAULT, M.; NYDAM, D.V.; OVERTON, T.R. Transition cow nutrition and management strategies of dairy herds in the northeastern United States: Part I—Herd description and performance characteristics. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 6, p. 5327-5348, 2022.

KLOPČIČ, M.; HAMOEN, A.; BEWLEY, J. **Body condition scoring off dairy cows**. Domzale: University of Ljubljana, 2011. 43 p.

LIU, D.; HE, D.; NORTON, T. Automatic estimation of dairy cattle body condition score from depth image using ensemble model. **Biosystems Engineering**, v. 194, p. 16-27, 2020.

LOPEZ, H.; CARAVIELLO, D.Z.; SATTER, L.D.; FRICKE, P.M.; WILTBANK, M.C.; Relationship between level of milk production and multiple ovulations in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. 2783-2793, 2005.

LOWMAN, B. G.; SCOTT, N. A.; SOMERVALLE, S. H. **Condition scoring of cattle**. Edinburgh: Edinburgh School of Agriculture, 1976. (East of Scotland College of Agriculture Bulletin, 6).

MIDDLETON, E.L.; MINELA, T.; PURSLEY, J.R.; The high-fertility cycle: How timely pregnancies in one lactation may lead to less body condition loss, fewer health issues, greater fertility, and reduced early pregnancy losses in the next lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 5577-5587, 2019.

MOREIRA, F.; RISCO, C.; PIRES, M. F.; AMBROSE, J. D.; DROST, M.; DELORENZO, M.; THATCHER, W. W. Effect of body condition on reproductive efficiency of lactating dairy cows receiving a timed insemination. **Theriogenology**, v. 53, n. 6, p. 1305-1319, 2000.

NEBEL, R. L.; MCGILLIARD, M. L. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. **Journal Dairy Science**. v. 76, p. 3257–3268, 1993.

PFEIFER, L. F. M.; SILVA, K.A. **Índice de escore de condição corporal (iECC): Ferramenta para monitorar ECC e aumentar a produtividade em rebanhos leiteiros**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2021. 11p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 415).

PRYCE, J. E.; COFFEY, M. P.; BROTHERSTONE, S. The genetic relationship between calving interval, body condition score and linear type and management traits in registered Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 11, p. 2664-2671, 2000.

PRYCE, J. E.; COFFEY, M. P.; SIMM, G. The relationship between body condition score and reproductive performance. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 1508–1515, 2001.

PIRES, J.A.A.; DELAVAUD, C.; FAULCONNIER, Y.; POMIES, D.; CHILLIARD, Y. Effects of body condition score at calving on indicators of fat and protein mobilization of periparturient Holstein-Friesian cows. **Journal Dairy Science**, v. 96, p. 6423–6439, 2013.

RANDALL, L. V.; GREEN, M. J.; CHAGUNDA, M.G.; MASON, C.; ARCHER, S.C.; GREEN, L.E.; HUXLEY, J.N. Low body condition predisposes cattle to lameness: An 8-year study of one dairy herd. **Journal Dairy Science**, v. 98, p. 3766–3777, 2015.

RIBEIRO, E.S.; LIMA, F.S.; GRECO, L.F.; BISINOTTO, R.S.; MONTEIRO, A.P.; FAVORETO, M.; AYRES, H.; MARSOLA, R.S.; MARTINEZ, N.; THATCHER, W.W.; SANTOS, J.E. Prevalence of periparturient diseases and effects on fertility of seasonally calving grazing dairy cows supplemented with concentrates. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 5682-5697, 2013.

ROCHE, J. R.; BERRY, D. P.; LEE, J. M.; MACDONALD, K. A.; BOSTON, R. C. Describing the body condition score change between successive calvings: A novel strategy generalizable to diverse cohorts. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 4378–4396, 2007.

ROCHE, J. R.; MACDONALD, K.A.; LEE, J. M.; BERRY, D. P. Associations Among Body Condition Score, Body Weight, and Reproductive Performance in Seasonal-Calving Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 376–391, 2007b.

ROYAL, M. D.; DARWASH, A. O.; FLINT, A. P. F.; WEBB, R.; WOOLLIAMS, J. A.; LAMMING, G. E. Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility. **Journal Animal. Science**. v. 70, p. 487–501, 2000.

SANTOS, J.E.; RUTIGLIANO, H.M.; SA FILHO, M.F. Risk factors for resumption of postpartum estrous cycles and embryonic survival in lactating dairy cows. **Animal Reproduction Science**, v. 110, p. 207-221, 2009.

VERNON, R.G. Lipid metabolism during lactation: A review of adipose tissue-liver interactions and the development of fatty liver. **Journal of Dairy Research**, v. 72, p. 460–469, 2005.

WALTNER, S. S.; MCNAMARA, J. P.; HILLERS, J. K. Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy-cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 11, p. 3410-3419, 1993.

3.3. Artigo 3

AMPLITUDE DE ECC OU ECC ALVO: QUAL A MELHOR RECOMENDAÇÃO PARA VACAS DE LEITE?

LIMA, R. A.; SILVA, K. A.; PFEIFER, L. F. M.

Artigo pronto para submissão

Amplitude de ECC ou ECC alvo: qual a melhor recomendação para vacas de leite?

LIMA, R. A.; SILVA, K. A.; PFEIFER, L. F. M.

Rhuan Amorim de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5148-8494>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil

E-mail: rhuan.lima@embrapa.br

Kaio Alexandre da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4316-012X>

Instituto Federal de Rondônia, Brasil

E-mail: kaio.silva@ifro.edu.br

Luiz Francisco Machado Pfeifer

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-951X>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil

E-mail: luiz.pfeifer@embrapa.br

RESUMO

A avaliação do escore de condição corporal (ECC) é um método importante para a estimar as reservas de energia corporal em bovinos. Neste contexto, um método chamado índice de ECC (iECC) foi proposto para lidar de forma mais robusta com os dados de ECC. O objetivo deste estudo foi comparar a performance reprodutiva e a produção de leite entre vacas com o ECC Recomendado e vacas com ECC Alvo segundo as recomendações do iECC. Para isso, dados de 731 vacas leiteiras da raça Holandês submetidas a manejo reprodutivo por IATF foram utilizados. Os animais foram avaliados por um sistema automatizado, DeLaval BSC® (DeLaval, Suíça), para mensuração do ECC, a partir do qual o iECC foi calculado e os grupos formados em: 1) ECC

Recomendado, vacas com PVEA de 100% e iECC <100, 2) ECC Alvo, vacas com PVEA de 100% e iECC de 100%. As variáveis calculadas e utilizadas no estudo foram: ECC ao parto, intervalo entre partos, taxa de prenhez a primeira IA, número de serviços por concepção e produção de leite. Não foram observadas diferenças na produção de leite em função da classificação do ECC tanto vacas primíparas ($P = 0,53$) quanto multíparas ($P = 0,54$), também não foram observadas diferenças nos índices reprodutivos entre os grupos ECC Recomendado e ECC Alvo. Estes resultados demonstram que restringir a recomendação do ECC a uma unidade de ECC específica (ECC Alvo), não se revelou mais eficiente do que quando a recomendação de ECC é feita dentro de um intervalo de ECC (ECC recomendado), o que permitiu simplificar as recomendações e cálculos do iECC, tornando-o ainda mais acessível para direcionar manejos nutricionais visando otimizar os resultados produtivos de rebanhos leiteiros.

Palavras-chave: Produção de leite; Balanço energético; Reprodução; Fertilidade, Holandês.

ABSTRACT

Body condition score (BCS) assessment is an important method for estimating body energy reserves in cattle. In this context, a method called index BCS (BCSi) has been proposed to deal more robustly with BCS data. The aim of this study was to compare reproductive performance and milk production between cows with the Recommended BCS and cows with the Target BCS according to the BCSi recommendations. For this, data from 731 Holstein dairy cows submitted to FTAI reproductive management were used. The animals were evaluated by an automated system, DeLaval BSC® (DeLaval, Switzerland), to measure the BCS, from which the BCSi was calculated and the groups formed into: 1) Recommended BCS, cows with PVEA of 100% and BCSi <100, 2) Target BCS, cows with PVEA of 100% and BCSi of 100%. The variables calculated and used in the study were: BCS at parturition, interval between parturition, pregnancy rate at first AI, number of services per conception and milk production. No differences were observed in milk production as a function of the BCS classification, both primiparous ($P = 0.53$) and multiparous ($P = 0.54$) cows. . These results demonstrate that restricting the BCS recommendation to a specific BCS unit (Target BCS) was not more efficient than when the BCS recommendation is made within an BCS range (BCS recommended), which allowed simplifying the BCSi recommendations and calculations, making it even more

accessible to direct nutritional managements aiming to optimize the productive results of dairy herds.

INTRODUÇÃO

Apesar da relevância da avaliação do balanço energético (BE) no monitoramento da saúde, produção e reprodução de vacas leiteiras (Heuer, *et al.*, 1999; Pryce *et al.*, 2001; Berry *et al.*, 2006; Roche *et al.*, 2007), a avaliação de forma prática, rápida e eficiente do BE ainda é um dos desafios de sistemas de produção de leite. Um método indireto e subjetivo de estimar reservas de energia corporal dos bovinos é a avaliação visual do escore de condição corporal (ECC). A avaliação sequencial do ECC de bovinos apresenta-se como uma ferramenta prática, barata e fornece uma avaliação indireta do BE de vacas de leite. Vários trabalhos demonstram a relação entre o ECC e a resposta produtiva e reprodutiva de vacas leiteiras (Pryce *et al.*, 2000; Adrien *et al.*, 2012; Pires *et al.*, 2013; Barletta *et al.*, 2017; Gobikrushanth *et al.*, 2019). É comum que vacas de leite percam ECC após o parto, a intensidade da perda de ECC pode afetar negativamente a fertilidade dos animais (Carvalho *et al.*, 2014; Gobikrushanth *et al.*, 2019). Por outro lado, já foi demonstrado que vacas que perdem pouco ou mantêm o ECC nas primeiras semanas de lactação tem aumento na prenhez por inseminação (P/IA; Carvalho *et al.*, 2014) possibilitando que essas fêmeas atinjam ciclos de alta fertilidade (CAF), pois são vacas que apresentam intervalo entre partos (IEP) reduzidos (Middleton *et al.*, 2019). A capacidade da vaca de leite em equacionar as demandas energéticas da lactação vai determinar sua saúde e fertilidade no período pós-parto (Ribeiro *et al.*, 2013). Nesse cenário, o ECC é um importante marcador da saúde das vacas e é uma ferramenta importante para monitorar o estado nutricional de rebanhos leiteiros (Heuer *et al.*, 1999).

Apesar do uso do ECC ser conhecido desde a década de 1970 (Lowman *et al.*, 1976) e da vasta literatura que comprova sua importância, a adoção da mensuração do ECC de todas as vacas de um rebanho ainda não é rotina na maioria das propriedades de leite. A dificuldade de adoção pode estar na necessidade de avaliar periodicamente cada animal do rebanho ou ainda na dificuldade em analisar os respectivos dados e transformá-los em informações capazes de orientar os manejos nutricional e reprodutivo. Para automatizar o processo de coleta de dados do ECC e minimizar a subjetividade da avaliação visual há a possibilidade de utilizar câmeras digitais capazes realizar avaliação

objetiva do ECC (Fergusson *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2020; Albonoz *et al.*, 2022). Entretanto, com relação ao tratamento e uso dos dados do ECC, o desafio persiste, pois, utilizar médias para o ECC pode levar a geração de informações superficiais que não condizem com a realidade do rebanho e ainda podem gerar interpretações equivocadas e induzir a erros de manejo. O que reforça a discussão de que os valores de ECC devem ser utilizados de forma diferente às médias convencionais, avaliar o ECC de vacas leiteiras e usar a média como informação é inadequado e pode levar o técnico ou produtor a erros de interpretações.

Dada relevância de manejar a condição corporal das vacas em todas as fases de produção (do início da lactação até o período seco), é importante criar métodos mais robustos que permitam o tratamento e uso dos dados de ECC para tomada de decisões mais adequadas no manejo nutricional e reprodutivo do rebanho. Como alternativa, um novo método chamado de índice de ECC (iECC) foi proposto por Pfeifer e Silva (2021) para lidar de forma mais robusta com os dados de ECC. O iECC envolve uma série de cálculos que levam em consideração se uma vaca está dentro de uma faixa de adequação de ECC e também o quanto de desconformidade um animal está do que se considera como ECC ideal de acordo com a fase de lactação. O iECC se propõem a estimar o quanto do potencial produtivo das vacas está sendo explorado, auxiliando o produtor a detectar o quanto pode melhorar seu manejo para aumentar a produtividade do rebanho. A proporção de animais com ECC recomendado (PVEA), o percentual de vacas no intervalo estimado de ECC recomendado em cada fase da lactação, e o nível de adequação de ECC que é obtido pela diferença entre o ECC real e o ECC alvo, são as variáveis utilizadas para calcular o iECC. Inicialmente o iECC foi concebido considerando a recomendação de uma faixa de ECC recomendado e um ECC alvo. A diferença entre ECC recomendado e o ECC alvo é que para uma vaca ser considerada com ECC recomendado, a mesma pode encontrar-se em uma amplitude maior de unidades de ECC. Por outro lado, para que as vacas sejam consideradas em ECC alvo, as mesmas devem se encontrar com um ECC específico.

Baseado nessas considerações, o objetivo deste estudo foi comparar a performance reprodutiva e produção de leite entre vacas com o ECC Recomendado e vacas com ECC Alvo segundo as recomendações do iECC original. A hipótese desse estudo é que vacas que se encontram com ECC dentro dos limites de recomendação ao

parto apresentam desempenho reprodutivo e produção de leite similar aos de vacas que se encontram em ECC alvo.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais, alojamento e alimentação

Este estudo retrospectivo foi conduzido com dados de 498 vacas leiteiras lactantes da raça Holandês, sendo 315 vacas multíparas e 183 primíparas, de uma fazenda de leite localizada na cidade de Carambeí, PR, Brasil, coletados entre fevereiro de 2020 e maio de 2021. Os animais encontravam-se alojados em sistema *free stall*, com livre acesso à água. A alimentação era fornecida no formato de ração total misturada (TMR) uma vez ao dia, ao início da manhã. As dietas TMR foram balanceadas por nutricionista profissional de forma a atingir as exigências nutricionais de vacas leiteiras em lactação de acordo com o NRC (2001). A base da dieta consistia de utilização de silagem de milho, pré-secado de alfafa, silagem de aveia, resíduo de cervejaria e alfafa fresca como volumosos. A fração de concentrados era composta por subprodutos de milho (silagem de grão úmido, fubá e grãos de destilaria secos com solúveis) e soja (farelo e casca) adicionados de suplementação de minerais e vitaminas.

Ordenha

Os animais eram ordenhados por meio de ordenha mecanizada do tipo carrossel três vezes ao dia, a produção individual de leite era registrada em cada ordenha por meio do sistema automatizado de ordenha e armazenada no software de gestão da propriedade (DeLaval DelPro®, DeLaval, Suíça).

Manejo reprodutivo

Todas as vacas foram submetidas à programas de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) a partir dos 45 dias de lactação por meio do seguinte protocolo: no Dia 0, administração i.m. de 10,5 µg de GnRH (2,5 mL de Gonaxal®, Biogénesis Bagó, Argentina), 2 mg de benzoato de estradiol (2,5 mL de Syncrogen®, GlobalGen Vet Science, Brasil) e inserção do dispositivo intravaginal de progesterona (Repro Sync®,

GlobalGen Vet Science, Brasil); no dia 7, administração i.m. de 0,5 mg de Cloprostenol (2 mL de Induscio®, GlobalGen Vet Science, Brasil); no dia 8, administração i.m. de 0,5mg de Cloprostenol (2mL de Induscio®, GlobalGen Vet Science, Brasil), 1 mg de Cipionato de estradiol (0,5mL de Cipion®, GlobalGen Vet Science, Brasil) e retirada dispositivo liberador de progesterona. No Dia 10, as vacas receberam 10,5 µg de GnRH (2,5mL de Gonaxal®, Biogénesis Bagó, Argentina) i.m. e foram inseminadas.

As vacas que apresentavam cio entre 17 e 23 dias após a IATF eram novamente inseminadas 12h após a identificação do cio. O diagnóstico de gestação foi realizado 30 dias após a inseminação por meio de exame ultrassonográfico, baseando-se pela presença de corpo lúteo e visualização do embrião. Vacas diagnosticadas prenhes eram reavaliadas por palpação transretal aos 45, 60 e 100 dias após a IA. Animais com diagnóstico negativo de prenhez foram ressubmetidas ao mesmo protocolo de IATF.

Todas as vacas receberam bST (500 mg/dose; Posilac; Monsanto Co., EUA) a cada 11 dias iniciando 60 dias pós-parto, sendo suspensa a aplicação 10 dias antes da data prevista para secagem do animal.

Dados reprodutivos referentes a data do parto, datas das inseminações e diagnósticos de gestação foram coletados do software de gestão DeLaval DelPro®.

Avaliação de ECC, cálculo do iECC e grupos experimentais

A avaliação do ECC das vacas lactantes foi realizada diariamente por meio de imagens dos animais capturadas no corredor de saída da sala de ordenha utilizando equipamento automatizado DeLaval BSC® (DeLaval, Suíça). O processo de captura de imagem era iniciado a partir da passagem dos animais sob a câmera de ECC que captura um vídeo contínuo a 30 *frames* por segundo produzindo uma imagem em 3 dimensões que era salva pelo software da câmera. Em um segundo processo a imagem salva era processada por um algoritmo que identifica e avalia pontos anatômicos específicos (tuberosidades do íleo e ísquio, inserção da cauda, ligamento sacral e os processos transversos das vértebras lombares) e fornece, de maneira automatizada, o valor de ECC utilizando a escala de 1 a 5 com incrementos de 0,01 unidades.

Para realizar do cálculo do iECC e a separação dos grupos experimentais foi utilizado a metodologia proposta por Pfeifer e Silva (2021). O iECC de cada vaca foi

calculado ao parto e em seguida as vacas foram separadas de acordo com o iECC em: 1) ECC Recomendado, vacas com PVEA de 100% e iECC <100, 2) ECC Alvo, vacas com PVEA de 100% e iECC de 100%. O ECC ao parto foi considerado como primeiro dado registrado pela câmera de ECC entre os dias 1 e 7 pós-parto.

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software estatístico SAS 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), considerando diferenças significativas resultados de $P \leq 0,05$. Para os dados de IEP, ECC ao parto e número de serviços por concepção (SPC) foi utilizado a análise de variância e as médias comparadas entre os grupos pelo teste de Tukey. Dados de produção de leite foram avaliados por medidas repetidas em função do tempo onde os efeitos de Grupo, dias em lactação (DEL) e a interação Grupo*DEL foram calculadas. Os dados de P1IA foram avaliados pelo teste de Qui-quadrado.

RESULTADOS

O ECC ao parto das vacas com ECC Recomendado teve o valor médio de $3,55 \pm 0,01$ (média $\pm$ erro padrão) e as vacas com ECC Alvo $3,14 \pm 0,01$. A média do ECC diferiu entre os grupos ao parto tanto para vacas primíparas, quanto para multíparas (Tabela 1).

No presente estudo, tanto vacas primíparas ($P = 0,53$, Figura 1A) quanto multíparas ($P = 0,54$, Figura 1B) não apresentaram diferenças na produção de leite em função da classificação do ECC.

Os valores de IEP, P1IA e SPC estão descritos na Tabela 3. Não foram observadas diferenças nos índices reprodutivos em função da classificação do ECC.

Tabela 1. Média do ECC ao parto de vacas primíparas e multíparas (média±erro padrão da média).

	ECC Recomendado	ECC Alvo
Primíparas	3,43 ^A ± 0,01	3,20 ^B ± 0,01
Multíparas	3,30 ^A ± 0,01	3,13 ^B ± 0,00

^{AB} Valores seguidos de letras diferentes na mesma linha diferem entre si.

Figura 1. Produção de leite de vacas primíparas (A) e multíparas (B) em função da classificação do ECC.

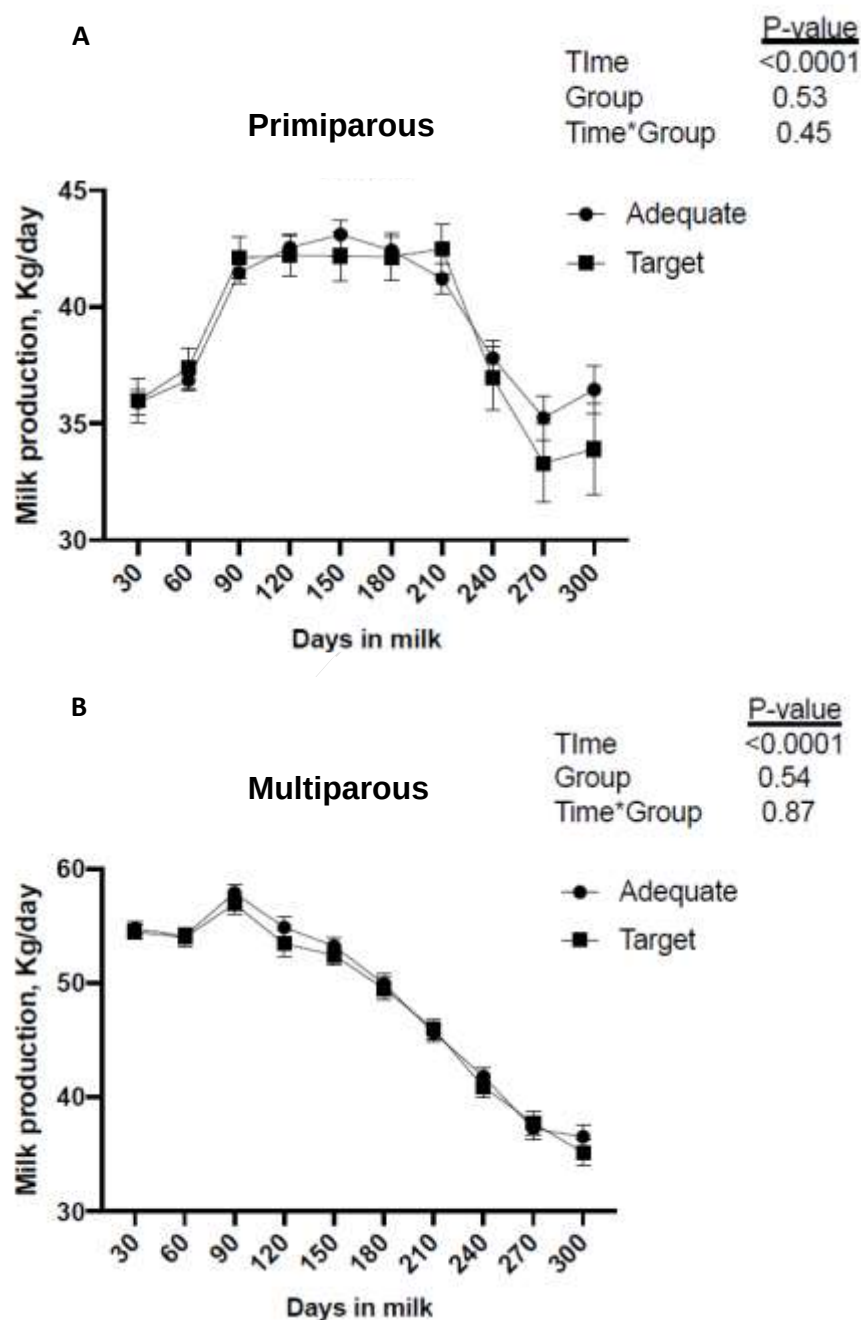


Tabela 2. Valores de intervalo entre partos, taxa de prenhez à primeira inseminação e número de serviços por concepção para vacas multíparas e primíparas e por classificação do ECC.

	Categoria		Grupo		Valor de P		
	Primíparas	Multíparas	Recomendado	Alvo	Categoria	Grupo	Grupo*Categoria
Percentual de vacas (n/total)	36,7 % (183/498)	63,3 % (315/498)	69,9% (348/498)	30,1% (150/498)	-	-	-
Intervalo ente partos (dias)	408,64 ± 8,14	442,30 ± 5,72	419,18 ± 5,24	431,176 ± 8,46	< 0,01	0,20	0,79
Taxa de prenhez à primeira inseminação	27,0 %	17,3 %	20,9 %	20,0 %	0,33	0,70	0,64
Número de serviços por concepção	2,64 ± 0,19	3,28 ± 0,13	2,94 ± 0,11	2,98 ± 0,19	< 0,01	0,86	0,39

DISCUSSÃO

No presente estudo vacas classificadas com ECC Recomendado e ECC Alvo segundo as recomendações do iECC, não apresentaram diferenças na produção de leite e na eficiência reprodutiva. Dessa forma, observamos que restringir a recomendação do ECC a uma unidade específica de ECC não se revelou mais eficiente do que quando a recomendação de ECC é feita dentro de um intervalo de ECC maior, como pudemos observar nas vacas que se encontram fora do ECC alvo, mas com ECC dentro do recomendado. Esses resultados possibilitaram que desenvolvêssemos uma nova metodologia para calcular o iECC. A partir destes resultados uma planilha para cálculos automatizados do iECC foi atualizada (disponível em: <http://jaci.cpafrro.embrapa.br/iECCleite.php>) e pode auxiliar produtores e técnicos estimar o quanto do potencial produtivo do rebanho está sendo explorado.

As médias do ECC ao parto dos animais avaliados estiveram dentro de uma faixa considerada como recomendada, entre 3,0 e 3,5 (adaptado de Ferguson *et al.*, 2006; Berry *et al.*, 2007; Chagas *et al.*, 2007; Middleton *et al.*, 2019).

Inúmeros estudos se dedicaram a avaliar a intensidade das mudanças de ECC pós-parto como fator relacionado ao desempenho produtivo e reprodutivo de rebanhos leiteiros (Adrien *et al.*, 2012; Pires *et al.*, 2013; Barletta *et al.*, 2017). Gobikrushanth *et al.* (2019) avaliando as alterações de ECC de vacas leiteiras entre os períodos pré e pós-parto, observaram um ECC médio de 3,19 pontos em grupos de animais que não perderam CC no pós-parto, e de 3,37 no grupo de animais que apresentaram uma perda moderada (entre 0,25 e 0,5 pontos), faixa de escores contida no intervalo de ECC recomendado pelo iECC. No mesmo estudo, animais com grandes perdas de CC pós-parto (acima de 0,75 pontos) apresentaram ECC médio de 3,6 no período pré-parto, valores acima da recomendação do iECC, estes animais apresentaram menor P1IA do que vacas com moderada perda, com manutenção ou com ganho de ECC. Alto ECC ao parto e/ou perdas acentuadas de ECC após o parto são relacionadas com altas concentrações circulantes de ácidos graxos não esterificados (AGNE) e beta-hidroxibutirato (β HBA) (Pires *et al.*, 2013; Adrien *et al.*, 2012), os quais guardam relação com a ocorrência de metrite, cetose e deslocamento de abomaso no PPP, animais com níveis mais altos têm risco relativo maior de desenvolver alterações (Vernon, 2005; Chapinal *et al.*, 2011; Kervin *et al.*, 2022). Não apenas vacas com altos ECC correm maior risco de distúrbios metabólicos

PP, mas também vacas com ECC baixos podem ser mais suscetíveis a alterações patológicas no PPP (Pires *et al.*, 2013; Randall *et al.*, 2015), dados que reforçam a existência de uma faixa de ECC mais favorável a manifestação do potencial produtivo das fêmeas conforme preconizado pelo iECC.

A influência do ECC ao parto na produção de leite de fêmeas bovinas é amplamente descrita na literatura (Berry *et al.*, 2002; Renno *et al.*, 2006; Roche *et al.*, 2007; Gobikrushanth *et al.*, 2019). No presente estudo, apesar da diferença de ECC médio entre os grupos, não observamos diferença na produção e no padrão da curva de lactação entre os grupos dos animais com ECC recomendado e ECC alvo. A ausência de efeito da variação do ECC sobre a produção de leite pode estar relacionada a pequena amplitude numérica observada entre as médias de ECC ao parto dos grupos, tendo como valores extremos 3,13 e 3,42. Achado este em linha com observado por Roche *et al.* (2007) que descrevem a existência de uma relação não linear do efeito do ECC ao parto sobre a produção de leite, exibindo uma variação de produção mínima entre os ECC de 3,1 a 3,6 (valores convertidos da escala original de 10 pontos de BCS segundo Roche *et al.*, 2004). Neste mesmo estudo Roche *et al.* (2007) descrevem que o ECC ótimo para produção de leite foi de 3,6 pontos, similar ao observado por Gobikrushanth *et al.*, 2019 em que o grupo de vacas com ECC médio ao parto de 3,6 pontos apresentaram maior produção de leite. Todavia, nos estudos os autores observaram que concomitantemente a maior produção de leite estes animais apresentaram menor eficiência reprodutiva, expondo neste caso uma relação antagônica entre os aspectos.

Diversos estudos apontam existir uma correlação negativa entre a produção de leite e a performance reprodutiva de rebanhos leiteiros, apresentando recomendações de ECC associados à melhores resultados de produção de leite ou à melhores índices reprodutivos. Todavia nenhum foi exitoso em apresentar uma recomendação que conseguisse combinar concomitantemente melhorias em ambos aspectos (Beam e Butler, 1999; Darwash *et al.*, 1999; Royal *et al.*, 2000; Pryce *et al.*, 2001; Gobikrushanth *et al.*, 2019). Lima *et al.* (2022) demonstraram haver uma associação entre às recomendações do iECC, animais com condições adequadas de ECC ou inadequadas, e, simultaneamente, a produção de leite e a performance reprodutiva dos animais. Animais categorizados com ECC adequado apresentaram os melhores resultados em produção de leite e, de maneira geral, também com os melhores resultados reprodutivos. Essas considerações motivam a utilização do iECC como método para lidar com dados de ECC por conseguir tratar vacas

com ECC inferior ou superior ao recomendado como ECC inadequados, o que não ocorre ao utilizar médias do ECC.

CONCLUSÃO

Não houve diferença na produção de leite ou na performance reprodutiva entre as classificações de ECC Recomendado e ECC Alvo do índice. Este resultado permitiu simplificar as recomendações e cálculos do iECC, tornando-o uma ferramenta ainda mais acessível para direcionar manejos nutricionais visando otimizar os resultados produtivos de rebanhos leiteiros.

REFERÊNCIAS

ADRIEN, M.L.; MATTIAUDA, D.A.; ARTEGOITIA V.; CARRIQUIRY M.; MOTTA, G.; BENTANCUR, O. Nutritional regulation of body condition score at the initiation of the transition period in primiparous and multiparous dairy cows under grazing conditions: milk production, resumption of post-partum ovarian cyclicity and metabolic parameters. *Animal*. v. 6, n. 2, p. 292-299, 2012.

BARLETTA, R.V.; MATURANA FILHO, M.; CARVALHO, P.D.; DEL VALLE, T.A.; NETTO, A.S.; RENNÓ, F.P.; MINGOTI, R.D.; GANDRA, J.R.; MOURÃO, G.B.; FRICKE, P.M.; SARTORI, R.; MADUREIRA, E.H.; WILTBANK, M.C. Association of changes among body condition score during the transition period with NEFA and BHBA concentrations, milk production, fertility, and health of Holstein cows. *Theriogenology*. v. 104, p.30-36, 2017.

BEAM, S. W.; BUTLER, W. R. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *Journal of reproduction and fertility - Supplement*. v. 54, p. 411–424, 1999.

BERRY, D. P.; BUCKLEY, F.; DILLON, P. Body condition score and live-weight effects on milk production in Irish Holstein-Friesian dairy cows. *Animal*, v. 1, n. 9, p. 1351–1359, 2007.

BERRY, D. P.; VEERKAMP, R. F.; DILLON, P. Phenotypic profiles for body weight, body condition score, energy intake, and energy balance across different parities and concentrate feeding levels. *Livestock Science*. v. 104, p. 1–12, 2006.

BUCKLEY, F.; SULLIVAN, K. O.; MEE, J. F.; EVANS, R. D.; DILLON, P. Relationships among milk yield, body condition, cow weight, and reproduction in spring-calved Holstein-Friesians. *Journal of Dairy Science*. v. 86, p. 2308–2319, 2003.

CARVALHO, P.D.; SOUZA, A. H.; AMUNDSON, M. C.; HACKBART, K. S.; FUENZALIDA, M. J.; HERLIHY, M. M.; AYRES, H.; DRESCH, A. R.; VIEIRA, L. M.; GUENTHER, J. N.; GRUMMER, R. R.; FRICKE, P. M.; SHAVER, R. D.; WILTBANK, M. C. Relationships between fertility and postpartum changes in body condition and body weight in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 97, n. 6, p. 3666-3683, 2014.

CHAGAS, L. M.; BASS, J. J.; BLACHE, D.; BURKE, C. R.; KAY, J. K.; LINDSAY, D. R.; LUCY, M. C.; MARTIN, G. B.; MEIER, S.; RHODES, F. M.; ROCHE, J. R.; THATCHER, W. W.; WEBB, D. R. Invited review: New perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows. *Journal Dairy Science*. v. 90, p. 4022–4032, 2007.

CHAPINAL, N.; CARSON, M.; DUFFIELD, T.F.; CAPEL, M.; GODDEN, S.; OVERTON, M.; SANTOS, J.E.P.; LEBLANC, S.J. The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period. *Journal of Dairy Science*, v. 94, p. 4897-4903, 2011.

DARWASH, A. O.; LAMMING, G. E.; WOOLLIAMS, J. A. The potential for identifying heritable endocrine parameters associated with fertility in post-partum dairy cows. *Journal Animal Science*. v. 68, p. 333–347, 1999.

EDMONSON, A.J.; LEAN, J.; WEAVER, L.D.; FARVER, T.; WEBSTER, G. A body condition scoring chart for Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. v. 72, p. 68-78, 1989.

FERGUSON, J. D.; AZZARO, G.; LICITRA, G. Body condition using digital images. *Journal Dairy Science*. v. 89, p. 3833–3841, 2006.

GARNSWORTHY, P. C. The effect of energy reserves at calving on performance of dairy cows. In: GARNSWORTHY, P. C. *Nutrition and Lactation in the Dairy Cow*. Londres: Butterworths, 1988, p. 157–170

GOBIKRUSHANTH, M.; MACMILLAN, K.; BEHROUZIB, A.; HOFFC, B.; COLAZOB, M.G. The factors associated with postpartum body condition score change and its relationship with serum analytes, milk production and reproductive performance in dairy cows. *Livestock Science*. v.288, p.151-169, 2019.

GRUMMER, R.R. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *Journal Animal Science*. v. 73, p. 2820-2833, 1995.

HEUER, C.; SCHUKKEN, Y. H.; DOBBELAAR, P. Postpartum Body Condition Score and Results from the First Test Day Milk as Predictors of Disease, Fertility, Yield, and Culling in Commercial Dairy Herds. *Journal of Dairy Science*. v. 82, n. 2, p. 295–304, 1999.

KERWIN, A.L.; BURHANS, W.S.; MANN, S.; TETREAULT, M.; NYDAM, D.V.; OVERTON, T.R. Transition cow nutrition and management strategies of dairy herds in the northeastern United States: Part I—Herd description and performance characteristics. *Journal of Dairy Science*. v. 105, n. 6, p. 5327-5348, 2022.

LIMA, A.L.; NEVES, P.M.A.; MELO, V.T.O.; SILVA, G.M.; SILVA, K.A.; PFEIFER, L.F.M. How body condition score affects milk production and the metabolic parameters in postpartum crossbred dairy cows raised in Amazon biome?. *Research, Society and Development*. v. 11, n. 6, p. e28511628970, 2022.

LIU, D.; HE, D.; NORTON, T. Automatic estimation of dairy cattle body condition score from depth image using ensemble model. *Biosystems Engineering*, v. 194, p. 16-27, 2020.

LOWMAN, B.G.; SCOTT, N.; SOMERVILLE, S. Condition scoring of cattle. *Bulletin East Scotland College Agriculture*. v.6, 1976.

MIDDLETON, E. L.; MINELA, T.; PURSLEY, J. R. The high-fertility cycle: How timely pregnancies in one lactation may lead to less body condition loss, fewer health issues, greater fertility, and reduced early pregnancy losses in the next lactation. *Journal of Dairy Science*, v. 102, n. 6, p. 5577–5587, 2019.

NEBEL, R. L.; MCGILLIARD, M. L. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. *Journal Dairy Science*. v. 76, p. 3257–3268, 1993.

PFEIFER, L. F. M.; SILVA, K.A. Índice de escore de condição corporal (iECC): Ferramenta para monitorar ECC e aumentar a produtividade em rebanhos leiteiros. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2021. 11p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 415).

PIRES, J.A.A.; DELAVAUD, C.; FAULCONNIER, Y.; POMIES, D.; CHILLIARD, Y. Effects of body condition score at calving on indicators of fat and protein mobilization of periparturient Holstein-Friesian cows. *Journal Dairy Science*. v.96, p.6423–6439, 2013.

PRYCE, J. E.; COFFEY, M. P.; BROTHERSTONE, S. The genetic relationship between calving interval, body condition score and linear type and management traits in registered Holsteins. *Journal of Dairy Science*. v.83, n.11, p.2664-2671, 2000.

PRYCE, J.E.; COFFEY, M.P.; SIMM, G. The relationship between body condition score and reproductive performance. *Journal Dairy Science*. v.84, p.1508–1515, 2001.

RANDALL, L. V.; GREEN, M. J.; CHAGUNDA, M.G.; MASON, C.; ARCHER, S.C.; GREEN, L.E.; HUXLEY, J.N. Low body condition predisposes cattle to lameness: An 8-year study of one dairy herd. *Journal Dairy Science*, v. 98, p. 3766–3777, 2015.

ROCHE, J. R.; MACDONALD, K. A.; BURKE, C. R.; LEE, J. M.; BERRY, D. P. Associations Among Body Condition Score, Body Weight, and Reproductive Performance in Seasonal-Calving Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. v. 90, n. 1, p. 376–391, 2007.

ROYAL, M. D.; DARWASH, A. O.; FLINT, A. P. F.; WEBB, R.; WOOLLIAMS, J. A.; LAMMING, G. E. Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility. *Journal Animal. Science.* v. 70, p. 487–501, 2000.

STOCKDALE, C. R. Body condition at calving and the performance of dairy cows in early lactation under Australian conditions: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* v. 41, p. 823–829, 2001.

VERNON, R.G. Lipid metabolism during lactation: A review of adipose tissue-liver interactions and the development of fatty liver. *Journal of Dairy Research.* v. 72, p. 460–469, 2005.

WALTNER, S.S.; McNAMARA, J.P.; HILLERS, J.K. Relationships of Body Condition Score to Production Variables in High Producing Holstein Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science.* v.76, n.11, p.3410-3419, 1993.

4. CONCLUSÃO

Os estudos conduzidos neste trabalho estão relacionados ao desenvolvimento de métodos que permitam o tratamento e uso dos dados de ECC para tomada de decisões mais adequadas no manejo nutricional e reprodutivo do rebanho. Neste contexto, o Índice de Escore de Condição Corporal (iECC) demonstrava-se como potencial ferramenta para orientar o manejo do rebanho a partir do tratamento dos dados de ECC visando maximizar a expressão do potencial produtivo dos animais. Os resultados destes estudos nos apontam o uso do iECC como alternativa eficaz para trabalhar os dados de ECC. Vacas com ECC dentro da faixa recomendado pelo iECC agregaram as melhores respostas tanto na produção de leite quanto nos aspectos reprodutivos, demonstrando assim que o iECC é uma alternativa viável para direcionar manejos nutricionais visando otimizar os resultados produtivos de rebanhos leiteiros. Até onde sabemos, o iECC é o primeiro método de processamento dos dados de ECC que transforma estes dados em um índice associado simultaneamente à melhores respostas na produção de leite e na fertilidade de vacas leiteiras.

Os resultados deste trabalho permitiram ainda simplificar as recomendações e cálculos do iECC, tornando-o uma ferramenta ainda mais acessível para direcionar manejos nutricionais. A partir destes resultados uma planilha para cálculos automatizados do iECC foi atualizada, e já está disponível no endereço eletrônico <http://jaci.cpafrro.embrapa.br/iECCleite.php> para auxiliar produtores e técnicos estimar o quanto do potencial produtivo do rebanho está sendo explorado. Além da planilha, o aplicativo para *smartphones* chamado +Leite desenvolvido pela Embrapa Rondônia em parceria com o Instituto Federal de Rondônia (IFRO) também será atualizado oferecendo mais uma alternativa para o cálculo do iECC à técnicos e produtores.

Nosso intuito é que com o uso do iECC a avaliação do ECC possa ser inserida como rotina nos sistemas de produção de leite, auxiliando no direcionamento dos manejos nutricionais visando maximizar o desempenho produtivo de rebanhos leiteiros.

5. REFERÊNCIAS

ADEWUYI, A.A.; GRUYS, E.; VAN EERDENBURG, F.C.M. Non esterified fatty acids (NEFA) in dairy cattle: A review. **Veterinary Quarterly**, v. 27, p. 117–126, 2005.

ADRIEN, M.L.; MATTIAUDA, D.A.; ARTEGOITIA V.; CARRIQUIRY M.; MOTTA, G.; BENTANCUR, O. Nutritional regulation of body condition score at the initiation of the transition period in primiparous and multiparous dairy cows under grazing conditions: milk production, resumption of post-partum ovarian cyclicity and metabolic parameters. **Animal**, v. 6, n. 2, p. 292-299, 2012.

AYRES, H.; FERREIRA, R.M.; TORRES-JÚNIOR, J.R.S.; SOUZA, J.R.; DEMÉTRIO, C.G.B.; LIMA, C.G.; BARUSELLI, P.S. Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. **Livestock Science**, v. 123, p. 175-179, 2009.

ANDREW, S.M.; WALDO, D.R.; ERDMAN, R.A. Direct analysis of body composition of dairy cows at three physiological stages. **Journal Dairy Science**, v. 77, p.3022–3033, 1994.

BAUMAN, D.E. Regulation of nutrient partitioning during lactation: Homeostasis and homeorhesis revisited. In: **Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction**, p. 311-328, CABI, 2000.

BAUMAN, D. E.; R. G. VERNON. Effects of exogenous bovine somatotropin on lactation. **Annual Review of Nutrition**, v. 13, p. 437–461, 1993.

BAUMAN, D. E.; CURRIE, W. B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. **Journal Dairy Science**, v. 63, p. 1514–1529, 1980.

BAUMGARD, L. H.; COLLIER, R. J.; BAUMAN, D. E. A 100-Year Review: Regulation of nutrient partitioning to support lactation. **Journal Dairy Science**, v. 100, p. 10353–10366, 2017.

BARLETTA, R.V.; MATURANA FILHO, M.; CARVALHO, P.D.; DEL VALLE, T.A.; NETTO, A.S.; RENNÓ, F.P.; MINGOTI, R.D.; GANDRA, J.R.; MOURÃO, G.B.; FRICKE, P.M.; SARTORI, R.; MADUREIRA, E.H.; WILTBANK, M.C. Association of changes among body condition score during the transition period with NEFA and BHBA concentrations, milk production, fertility, and health of Holstein cows. **Theriogenology**, v. 104, p. 30-36, 2017.

BELL, A. W. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. **Journal Animal Science**, v. 73, p. 2804–2819, 1995.

BONATO, D.V.; VRISMAN, D.P.; TAIRA, A.R.; GHIZZI, L.G.; UENO, R.K.; NEUMANN, M.; TEIXEIRA, P.P.M.; CRIVELLENTI, S.B. Cetose em vacas leiteiras de alta produção. **Investigação**, v. 14, p. 96-101, 2015.

BUCKLEY, F.; SULLIVAN, K. O.; MEE, J. F.; EVANS, R. D.; DILLON, P. Relationships among milk yield, body condition, cow weight, and reproduction in spring-calved Holstein-Friesians. **Journal Dairy Science**, v. 86, p. 2308–2319, 2003.

BULLOCK, K.D.; BERTRAND J.K.; BENYSHEK, L.L.; WILLIAMS, S.E.; LUST, D.G. Comparison of real-time ultrasound and other live measures as predictors of beef cow energy stores. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 3908-3916, 1991.

BUSBOOM, J.A.; BRETHOUR, J.R.; ELIAS- CALLES, A.; GASKINS, C.T.; DUCKETT, S.K. **Using ultrasound for prediction feeding and marketing of cattle**. Disponível em <http://www.ansci.wsu.edu/wagyu/wagsymp/articles97/busboom.htm> (out/2021).

BUTLER-HOGG, B.W.; WOOD, J.D.; BINES, J.A. Fat partitioning in British Friesian cows: the influence of physiological state on dissected body composition. **Journal of Agriculture Science Cambridge**, v. 104, p. 519-518, 1985.

BUTLER, W.R.; SMITH, R.D. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v. 72, p. 767-783, 1989.

BURKE, J.M.; HAMPTON, J.H.; STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W. Body condition influences maintenance of a persistent first wave dominant follicle in dairy cattle. **Theriogenology**, v. 49, n. 4, p. 751-760, 1998.

CAMPOS, R.; GONZÁLEZ, F.; COLDEBELLA, A.; LACERDA, L. Indicadores do metabolismo energético no pós-parto de vacas leiteiras de alta produção e sua relação com a composição do leite. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, p. 241-249, 2007.

CANNON, W. B. Organization for physiological homeostasis. **Physiological Reviews**, v. 9, p. 399–431, 1929.

CARVALHO, P.D.; SOUZA, A. H.; AMUNDSON, M. C.; HACKBART, K. S.; FUENZALIDA, M. J.; HERLIHY, M. M.; AYRES, H.; DRESCH, A. R.; VIEIRA, L. M.; GUENTHER, J. N.; GRUMMER, R. R.; FRICKE, P. M.; SHAVER, R. D.; WILTBANK, M. C. Relationships between fertility and postpartum changes in body condition and body weight in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 6, p. 3666-3683, 2014.

CHAPINAL, N.; CARSON, M.; DUFFIELD, T.F.; CAPEL, M.; GODDEN, S.; OVERTON, M.; SANTOS, J.E.P.; LEBLANC, S.J. The association of serum metabolites with clinical disease during the transition period. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 4897-4903, 2011.

COMERFORD, K. B.; MILLER, G. D.; BOILEAU, A. C.; MASIELLO, S.; STEPHANIE, N.; GIDDENS, J. C.; BROWN, K. A. Global Review of Dairy Recommendations in Food-Based Dietary Guidelines. **Frontiers in Nutrition**, v. 8, 2021.

DISKIN, M.G.; MACKEY, D.R.; ROCHE, J.F.; SREENAM, J.M. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 78, p. 345-370, 2003.

DOMECQ, J.J.; SKIDMORE, A.L.; LLOYD, J.W.; KANEENE, J.B. Validation of body condition scores with ultrasound measurements of subcutaneous fat of dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 78, p. 2308–2313, 1995.

DRACKLEY, J. K.; DANN, H. M.; DOUGLAS, N.; GURETZKY, N. A. J.; LITHERLAND, N. B.; UNDERWOOD, J. P.; LOOR, J. J. Physiological and pathological adaptations in dairy cows that may increase susceptibility to periparturient diseases and disorders. **Italian Journal of Animal Science**, v. 4, p. 323–344, 2005.

DUFFIELD, T.; LEBLANC, S.; LESLIE, K. Impact of subclinical metabolic disease on risk of early lactation culling. **Journal Animal Science**, v. 88, p. 199-200, 2005.

EDMONSON, A.J.; LEAN, J.; WEAVER, L.D.; FARVER, T.; WEBSTER, G. A body condition scoring chart for Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 72, p. 68-78, 1989.

EARLE, D.F. A guide to scoring dairy cow condition. **Journal of Agriculture**, v. 74, p. 228–231, 1976.

FERGUSON, J.D.; GALLIGAN, D.T.; THOMSEN, N. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 2695-2703, 1994.

FERGUSON, J. D. Diet, production and reproduction in dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 59, p. 173-184, 1996.

GARVERICK, H. A.; HARRIS, M. N.; VOGEL-BLUEL, R.; SAMPSON, J. D.; BADER, J.; LAMBERSON, W. R.; SPAIN, J. N.; LUCY, M. C.; YOUNGQUIST, R. S. Concentrations of nonesterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 181–188, 2013.

GIBB, M.J.; IRVINGS, W.E.; DHANOA, M.S.; SUTTON, J.D. Changes in body components of autumn-calving Holstein Friesian cows over the first 29 weeks of lactation. **Animal Production**, v. 5, p. 339–360, 1992.

GOBIKRUSHANTHA, M.; MACMILLANB, K.; BEHROUZIB, A.; HOFFC, B.; COLAZOB, M.G. The factors associated with postpartum body condition score change and its relationship with serum analytes, milk production and reproductive performance in dairy cows. **Livestock Science**, v. 288, p. 151-169, 2019.

GONG, J. G.; LEE, W. J.; GARNSWORTHY, P. C.; WEBB, R. Effect of dietary-induced increases in circulating insulin concentrations during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. **Reproduction**, v. 123, p. 419–427, 2002.

GONZÁLEZ, F.H.D. **Introdução à endocrinologia reprodutiva veterinária**. Faculdade de Veterinária/UFRGS, Porto Alegre, 87p, 2002.

Disponível em: https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2017/05/endocrino_rep_vet.pdf Acessado em: 28 jun. 2022.

GRESHAM, J.D.; HOLLOWAY, J.W.; BUTTS, W.T.; McCURLEY, J.R. Prediction of mature cow carcass composition from live animal measurements. **Journal of Animal Science**, v. 63, p. 1041-1048, 1986.

GRUMMER, R.R.; BERTICS, S.J.; LACOUNT, D.W.; SNOW, J.A; DENTINE, M.R.; STAUFFACHER, R.H. Estrogen induction of fatty liver in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v. 73, p. 1537–1543, 1990.

GRUMMER, R.R. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. **Journal Animal Science**, v. 73, p. 2820-2833, 1995.

GRUMMER, R.R. Optimization of transition period energy status for improved health and reproduction. In: **Proceedings XXIV World Buiatrics Congress**, p. 15-19, 2006.

HEAD, H. H.; GULAY, S. M. Recentes avanços na nutrição de vacas no período de transição. In: **Simpósio Sobre Produção de Leite – SINLEITE**. Lavras, 2001.

HERDT, T.H. Ruminant adaptation to negative energy balance. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 16, p. 215–230, 2000.

HOLMES, C.W.; WILSON, G.F.; MACKENZIE, D.D.S.; FLUX, D.S.; BROOKES, I.M.; DAVEY, A.W.F. **Milk Production from pasture**, Butterworths Agricultural Books. Madison, Estados Unidos, 1987.

INGVARTSEN, K.L.; ANDERSEN, J.B. Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1573-1597, 2000.

JORRITSMA, R.; WENSING, T.; KRUIP, T.A.M.; VOS, P.L.A.M.; NOORDHUIZEN, J.P.T.M. Metabolic changes in early lactation and impaired reproductive performance in dairy cows. **Veterinary Research**, v. 34, p. 11-26, 2003.

PARK, A.F.; SHIRLEY, J.E.; DEFRAIN, J.M.; TITGEMEYER, E.; FERDINAND, E.E.; COCHRAN, R.C.; SCHMIDT, D.G.; IVES, S.; NAGARAJA, T. G. Changes in rumen capacity of dairy cows during the periparturient period. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, v. 0, n. 2, p. 47-51, 2001.

KERWIN, A.L.; BURHANS, W.S.; MANN, S.; TETREAULT, M.; NYDAM, D.V.; OVERTON, T.R. Transition cow nutrition and management strategies of dairy herds in the northeastern United States: Part I—Herd description and performance characteristics. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 6, p. 5327-5348, 2022.

KLOPČIČ, M.; HAMOEN, A.; BEWLEY, J. **Body condition scoring off dairy cows**. Domzale: University of Ljubljana, 2011. 43 p.

LASSEN, J.; HANSEN, M.; SORENSEN, M.K.; AAMAND G.P.; CHRISTENSEN L.G.; MADSEN, P. Genetic analyses of body condition score in first-parity Danish Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 4123-4128, 2003.

LEBLANC, S.J.; LESLIE, K.E.; DUFFIELD, T.D. Metabolic predictors of displaced abomasum in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v. 88, p. 159–170, 2005.

LOWMAN, B.G.; SCOTT, N.; SOMERVILLE, S. **Condition scoring of cattle**. **Bulletin East Scotland College Agriculture**. Edinburgh: Edinburgh School of Agriculture, 1976. 31p.

LUCY, M. C. Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows. **Reproduction**, v. 61, p. 415–427, 2003.

LUCY, M. C. Fertility in high-producing dairy cows: Reasons for decline and corrective strategies for sustainable improvement. **Reproduction: Supplements**, v. 64, p. 237–254, 2007.

MACDONALD, K.A.; ROCHE, J.R. Condition Scoring Made Easy. **Condition Scoring Dairy Herds**. Hamilton: Dexcel Ltd, 2004.

MOE, P.W.; TYRRELL, H.F.; FLATT, W.P. Energetics of body tissue mobilization. **Journal Dairy Science**, v. 54, p. 548–553, 1971.

MOTA, M.F.; PINTO-NETO, A.; SANTOS, G.T. FONSECA, J.F.; CIFFONI, E.M.G. Período de transição na vaca leiteira. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**, v.9, p.77-81, 2006.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C. 2001. 381p.

ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) / FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (OECD/FAO). **Agricultural Outlook 2018-2027**. Disponível em: <https://stats.oecd.org/Index.aspx?QueryId=84955> Acessado em jun/2022.

OSPINA, P. A.; NYDAM, D. V.; STOKOL, T.; OVERTON, T. R. Evaluation of nonesterified fatty acids and beta-hydroxybutyrate in transition dairy cattle in the northeastern United States: Critical thresholds for prediction of clinical diseases. **Journal Dairy Science**, v.93, p.546–554, 2010.

OTTO, K.L.; FERGUSON, J.D.; FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J. Relationship between body condition score and composition of ninth to eleventh rib tissue in Holstein dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.74, p.852–859, 1991.

PARK, A.F.; SHIRLEY, J.E.; DEFRAIN, J.M.; *ET AL*. Changes in rumen capacity during the periparturient period in dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 84, 2001.

PATTON, S. **Milk: Its Remarkable Contribution to Human Health and Well-Being**. New Brunswick: Transaction Publishers, 2004.

PEDRON, O.; CHELI, F.; SENATORE, E.; BAROLI, D.; RIZZI, R. Effect of Body Condition Score at Calving on Performance, Some Blood Parameters, and Milk Fatty Acid Composition in Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 9, p. 2528–2535, 1993.

PFEIFER, L.F. **Tecnologia simples para avaliar a condição nutricional do rebanho**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2015. 2p.

PFEIFER, L. F. M.; CASTRO, N. A.; NEVES, P. M. A.; CESTARO, J. P.; SIQUEIRA, L. G. B. Development and validation of an objective method for the assessment of body condition scores and selection of beef cows for timed artificial insemination. **Livestock Science**, v. 197, p. 82–87, 2017.

PFEIFER, L. F. M.; SILVA, K.A. **Índice de escore de condição corporal (iECC): Ferramenta para monitorar ECC e aumentar a produtividade em rebanhos leiteiros**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2021. 11p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 415).

PIRES, J.A.A.; DELAVALD, C.; FAULCONNIER, Y.; POMIES, D.; CHILLIARD, Y. Effects of body condition score at calving on indicators of fat and protein mobilization of periparturient Holstein-Friesian cows. **Journal Dairy Science**, v.96, p.6423–6439, 2013.

PRYCE, J. E.; COFFEY, M. P.; BROTHERSTONE, S. The genetic relationship between calving interval, body condition score and linear type and management traits in registered Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.11, p.2664-2671, 2000.

PRYCE, J.E.; COFFEY, M.P.; SIMM, G. The relationship between body condition score and reproductive performance. **Journal Dairy Science**, v.84, p.1508–1515, 2001.

QUIROZ-ROCHA, G.F.; LEBLANC, S.J.; DUFFIELD, T.; WOOD, D.; LESLIE, K.; JACOBS, R.M. Evaluation of prepartum serum cholesterol and fatty acids concentrations as predictors of postpartum retention of the placenta in dairy cows. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.234, p.790–793, 2009.

REYNOLDS, C.K.; AIKMAN, P.C.; LUPOLI, B.; HUMPHRIES, D.J.; BEEVER, D.E. Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation. **Journal Dairy Science**, v.86, p.1201–1217, 2003.

RIBEIRO, E.S.; LIMA, F.S.; GRECO, L.F.; BISINOTTO, R.S.; MONTEIRO, A.P.; FAVORETO, M.; AYRES, H.; MARSOLA, R.S.; MARTINEZ, N.; THATCHER, W.W.; SANTOS, J.E. Prevalence of periparturient diseases and effects on fertility of seasonally

calving grazing dairy cows supplemented with concentrates. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 5682-5697, 2013.

RHOADS, R.P.; KIM, J.W.; LEURY, B.J.; BAUMGARD, L.H.; SEGOALE, N.; FRANK, S.J.; BAUMAN, D.E.; BOISCLAIR, Y.R. Insulin increases the abundance of the growth hormone receptor in liver and adipose tissue of periparturient cows. **Journal of Nutrition**, v. 134, p.1020–1027, 2004.

ROCHE, J.R.; DILLON, P.G.; STOCKDALE, C.R.; BAUMGARD, L.H.; VANBAALE, M.J. Relationships among International Body Condition Scoring Systems. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.3076–3079, 2004.

SANTOS, G.T.; CAVALIERI, F.L.B.; DAMASCENO, J.C. Manejo da vaca leiteira no período transição e início de lactação. In: SANTOS, G.T.; BRANCO, A.F.; CECATO U. **Sustentabilidade da Pecuária Leiteira na Região Sul do Brasil**. Editora Sthampa. p. 143-165, 2002.

SCALIA, D.; LACETERA, N.; BERNABUCCI, U. *In vitro* effects of nonesterified fatty acids on bovine neutrophils oxidative burst and viability. **Journal Dairy Science**, v. 89, p. 147–154, 2006.

SCHODER, U.J.; STAUFENBIEL, R. Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1-14, 2006.

SCHWAGER-SUTER, R.; STRICKER, C.; ERDIN, D.; KUNZI, N. Relationship between body condition score and ultrasound measurements of subcutaneous fat and m. longissimus dorsi in dairy cows differing in size and type. **Animal Science**, v.71, p.465-470, 2000.

SIACHOS, N.; OIKONOMOU, G.; PANOUSIS, N.; BANOS, G.; ARSENOS, G.; VALERGAKIS, G.E. Association of Body Condition Score with Ultrasound Measurements of Backfat and Longissimus Dorsi Muscle Thickness in Periparturient Holstein Cows. **Animals**, v.11, p.818-831, 2021.

STAUFENBIEL, R. Energie- und Fettstoffwechsel des Rindes. Untersuchungskonzept und Messung der Rückenfettdicke. **Journal of Veterinary Medicine**, v.47, p. 467–474, 1992.

STOCKDALE, C. R. Body condition at calving and the performance of dairy cows in early lactation under Australian conditions: A review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 823–829, 2001.

TEDESCO, D.; TAVA, A.; GALLETI, S.; TARMENI, M.; VARISCO, G.; COSTA, A.; STEIDLER, S. Effects of silymarin, a natural hepatoprotector, in periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.87, p. 2239-2247, 2004.

VERNON, R.G. Lipid metabolism during lactation: A review of adipose tissue-liver interactions and the development of fatty liver. **Journal of Dairy Research**, v. 72, p. 460–469, 2005.

WALTNER, S.S.; McNAMARA, J.P.; HILLERS, J.K. Relationships of Body Condition Score to Production Variables in High Producing Holstein Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.11, p.3410-3419, 1993.

WILDMAN, E.E.; JONES, G.M.; WAGNER, P.E.; BOMAN, R.L.; TROUTT, H.F.; LESCH, T.N. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. **Journal of Dairy Science**, v.65, p.495-501, 1982.

WRIGHT, I.A.; RUSSEL, A.J.F. Partition of fat, body composition and body condition score in mature cows. **Animal Production**, v.38, p.23-32, 1984.