

Universidade Federal de Juiz de Fora
Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados

Eduardo Corrêa Brito

**PRODUÇÃO INTENSIVA DE LEITE EM COMPOST BARN:
Uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade**

Juiz de Fora - MG
Agosto de 2016

Eduardo Corrêa Brito

PRODUÇÃO INTENSIVA DE LEITE EM COMPOST BARN:

Uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Lorildo Aldo Stock, Ph.D.

Juiz de Fora – MG

Agosto de 2016

Brito, Eduardo Corrêa.

Produção intensiva de leite em Compost Barn : Uma avaliação técnica e econômica sobre sua viabilidade / Eduardo Corrêa Brito. -- 2016.

57 p. : il.

Orientador: Lorildo Aldo Stock

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Farmácia e Bioquímica. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados, 2016.

1. confinamento. 2. produção de leite. 3. vaca. 4. compost barn. I. Stock, Lorildo Aldo, orient. II. Título.

Eduardo Corrêa Brito

PRODUÇÃO INTENSIVA DE LEITE EM COMPOST BARN:

Uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre e aprovada pela seguinte banca examinadora:

Lorildo Aldo Stock, Ph.D (Orientador)

Embrapa Gado de Leite

Guilherme Nunes de Souza, DSc

Embrapa Gado de Leite

Fernando Pimont Pôssas, DSc

CPT Cursos Presenciais e Valor Orientações Agropecuárias

Airdem Gonçalves de Assis, Ph.D

Agência de Inovação Polo do Leite

Juiz de Fora – MG

29/08/2016

AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento mais profundo só poderia ser dedicado a uma pessoa: minha esposa. Nos momentos mais difíceis, sempre me fazendo acreditar que chegaria ao final desta difícil e gratificante etapa. Obrigado, Lê.

Agradeço também, a todos os familiares e amigos, que me incentivaram durante toda a caminhada.

Não posso deixar de agradecer ao meu orientador Lorildo Stock, sempre disposto a ajudar e contribuir com o meu trabalho.

Estendo também meus agradecimentos aos proprietários das fazendas, Roberto Lúcio, Marcio Maciel Leite e Fabio Leite, que me abriram as portas para a realização desse estudo.

Agradeço também aos colaboradores das fazendas que também tiveram papel fundamental nas coletas de dados e avaliações dos resultados.

“É impossível progredir sem mudança e aqueles que não mudam suas mentes não podem mudar nada”.

George Bernard

RESUMO

PRODUÇÃO INTENSIVA DE LEITE EM COMPOST BARN: Uma avaliação técnica e econômica sobre a sua viabilidade

Em um contexto mundial, o setor produtivo da cadeia do leite vem passando por mudanças que indicam uma acelerada modernização tecnológica em termos de processos de produção. Algumas tendências mundiais são observadas através dos anos, tais como: redução da quantidade total de vacas utilizadas para a produção de leite; aumento do tamanho individual das fazendas em área, em quantidade de vacas e em volume de produção; redução do número de fazendas produtoras de leite; e aumento do potencial genético do rebanho e da produtividade de leite por vaca. Neste sentido, um sistema de produção chamado *Compost Barn*, que se caracteriza por uma área coberta, onde os animais são estabulados sobre uma cama - geralmente de serragem - tem sido implantado em vários países do mundo, e recentemente no Brasil. O objetivo deste estudo foi avaliar o custo de implantação do sistema de manejo *Compost Barn* em duas fazendas comerciais de produção de leite localizadas no sul de Minas Gerais e mostrar como se comportaram alguns indicadores zootécnicos após a implantação do mesmo. O investimento médio das fazendas foi de R\$ 4.276 por animal alojado. Após a implantação do sistema, há indicativos de evoluções positivas no sentido de melhoria dos resultados produtivos, reprodutivos e de qualidade de leite nas fazendas estudadas. O sistema *Compost Barn* parece ser uma boa alternativa técnica e econômica de confinamento para fazendas produtoras de leite no Brasil que buscam uma intensificação da produção de leite.

PALAVRAS-CHAVES: confinamento; produção de leite; vaca; compost barn.

ABSTRACT

INTENSIVE MILK PRODUCTION IN COMPOST BARN: An evaluation of its technical and economic feasibility

In a global context, the productive milk chain sector is undergoing changes that indicate an accelerated technological modernization in terms of production processes. There is a constantly increase of milk production in most of the countries with growth in quality and quantity of the global milk supply. However, some global trends are observed, particularly in the last ten years, as, for instance: reduction of the total quantity of milked cows; increase in farm area, in quantity of cows and in production volume; decrease in the number of dairy farms; and increase of herd genetic potential and improvement of milk productivity per cow. In this sense, a production system called Compost Barn, which is about a covered area, where animals are stabled on a generally sawdust bed, has been deployed in several countries, and more recently in Brazil. The objective of this study is to evaluate the Compost Barn management system deployment costs in two milk production commercial farms located in southern Minas Gerais, Brazil, and compare some zootechnical and economic indicators before and after system deployment. The average investment for farms in order to house the animals was of R\$ 4,276 per cow. The Compost Barn system proved to be a good technic and economic alternative for dairy farms seeking to intensify production.

KEYWORDS: feedlot; milk production; cow; compost barn.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Modelo (sem escala) de barracão estilo americano	19
Figura 2.	Modelo de barracão CB estilo americano	19
Figura 3.	Modelo de barracão CB estilo israelense	20
Figura 4.	Direcionamento dos ventiladores (item 1- mostra o modelo mais correto de fixação e direcionamento).....	31
Figura 5.	Vaca em posição de total conforto dentro do sistema CB	33
Figura 6.	Evolução da produção diária de leite total (litros por dia) das Fazendas 1 e 2 após a implantação do CB.....	44
Figura 7.	Evolução das médias de produção de leite por vaca dia (litros /vaca/dia) ao longo dos meses do ano, após a implantação do sistema CB nas Fazenda 1 e 2.....	44
Figura 8.	Indicadores reprodutivos avaliados nas Fazendas 1 e 2 pós implantação do CB.....	46
Figura 9.	Evolução da CCS e CBT da Fazenda 1 - 12 meses após a implantação do sistema CB.	48
Figura 10.	Evolução da CCS e CBT da Fazenda 2- 12 meses após a implantação do sistema CB.	48
Figura 11.	Aspecto de acomodação dos animais na Fazenda 1.....	49
Figura 12.	Aspecto de acomodação dos animais na Fazenda 2.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Principais benefícios levantados pelos produtores de 42 sistemas de Compost Barn nos EUA.	21
Tabela 2.	Materiais utilizados em compostagem, de seus aspectos químicos.	26
Tabela 3.	Grupos de microrganismos patogênicos para humanos e animais encontrados em compostagem.	28
Tabela 4.	Características do sistema de produção das fazendas avaliadas no estudo.....	41
Tabela 5.	Características relacionadas ao sistema de CB implantado nas fazendas.....	42
Tabela 6.	Capital investido no CB em cada Fazenda avaliada.....	51

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CB – Compost Barn

CBT – Contagem bacteriana total

CCS – Contagem de células somáticas

CV – Ventilação cruzada

EUA – Estados Unidos da América

WHC – Capacidade de Armazenamento de Água

mL – Mililitro

NV – Ventilação natural

ROA – Retorno sobre ativos

UFC – Unidades Formadoras de Colônias

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1	Produção de leite no mundo e oportunidades cadeia produtiva brasileira .	17
2.2	Sistema de produção <i>Compost Barn</i> (CB).....	18
2.2.1	Descrição do Sistema.....	20
2.2.2	Cama	22
2.2.2.1	Processo de compostagem e manejos necessários.....	22
2.2.2.2	Taxa de lotação	24
2.2.2.3	Materiais utilizados e tamanho de partícula.....	25
2.2.2.4	Aspectos químicos (relação carbono: nitrogênio)	26
2.2.2.5	Aspectos biológicos	27
2.2.2.6	Parâmetros gerenciais da cama.....	28
2.2.3	Ventilação artificial.....	30
2.2.4	Conforto e bem estar animal	32
2.2.5	Produção de leite.....	33
2.2.6	Reprodução.....	34
2.2.7	Sanidade (casco e mastite)	35
2.2.8	Utilização do composto na agricultura	37
2.2.9	Custo de implantação	38
2.2.10	Possíveis limitações	40
3	ACOMPANHAMENTO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA COMPOST BARN: UM ESTUDO DE CASO (DUAS FAZENDAS)	41
3.1	Metodologia (descrição das fazendas).....	41
3.2	Avaliações zootécnicas.....	42
3.2.1	Indicadores produtivos.....	42
3.2.1.1	Produção total de leite e produção de leite média por vaca por dia	43
3.2.2	Indicadores reprodutivos	45
3.2.3	Qualidade do leite	47
3.3	Avaliações econômicas.....	49
3.3.1	Investimentos para implantação do CB	49
4	CONCLUSÕES	52

5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
----------	--	-----------

1 INTRODUÇÃO

O mundo se depara com o desafio, cada vez maior, de suprir as necessidades básicas de alimentação e nutrição da população. O leite é uma fonte básica da alimentação, cuja demanda vem aumentando tanto por sua característica preferencial, quanto por uma opção de complementação nutricional de qualidade.

Em termos de características do tipo de sistema de produção de leite, as pequenas propriedades são as que prevalecem em maior número, especialmente nas regiões em que a atividade leiteira é menos desenvolvida. Todavia, fazendas com número maior de vacas e, também, maiores em produtividade, são as que mais contribuem com a parcela de produção, ainda que com um número menor de produtores.

As características encontradas nos sistemas de produção das fazendas maiores e com níveis de produtividades mais altas são comumente classificadas como produção intensiva de leite. Esta estrutura de produção é predominantemente encontrada em países desenvolvidos, ao passo que a caracterizada por uma produção extensiva é mais comum em regiões ou países em desenvolvimento.

Em um contexto mundial, o setor produtivo da cadeia do leite vem passando por mudanças que indicam o crescimento do uso de mecanização e modernização tecnológica em termos de processos de produção.

Notadamente após o ano 2000, observa-se anual e mundialmente um crescimento do número médio de vacas e do volume médio da produção de leite por fazenda. Acredita-se que tudo isso seja decorrente da melhoria da produtividade dos rebanhos, provenientes de mudanças nos processos de produção, melhoria do potencial genético dos animais e de dietas cada vez mais eficientes. Além disso, os valores das terras cada vez maiores e margens da atividade também diminuídas obrigam os produtores a buscar alternativas no aumento da escala e aumento da produtividade para viabilizar economicamente a sua permanência na atividade.

No caso particular do Brasil, o setor lácteo constitui uma atividade de grande importância socioeconômica. Segundo o IBGE (2014), o setor emprega 25% mais pessoas no campo do que o café, a soja e a cana-de-açúcar juntos, sendo a grande fonte de renda de vários municípios no país. O setor industrial do leite é formado por cerca de 3 mil empresas que empregam em torno de 90 mil pessoas.

Um dos elos importantes do setor lácteo cabe aos produtores primários. Nesse segmento, há um consenso no Brasil de que se faz necessária uma melhoria substancial no que se refere à produtividade dos rebanhos e qualidade do produto *in natura*.

Segundo Viva Lácteos (2015), entre os anos de 2003 e 2014, o Brasil aumentou sua produção de leite em 58%, de forma que a maior influência não foi propriamente o aumento da produtividade por animal, mas do rebanho. Entre os 10 maiores produtores de leite do mundo, o Brasil teve a segunda menor produtividade e também a que menos cresceu no período. Em termos comparativos com a Argentina, o Brasil produziu 66% menos leite por animal, por ano. Por outro lado, em 8 anos, a pecuária de leite da Argentina elevou a produção de leite em 75%, aumentando o rebanho em menos de 10%.

Desta forma, existe no Brasil a necessidade de melhorar a eficiência em produção de leite, e vislumbra-se uma grande oportunidade de aprimoramento dos sistemas de produção, no intuito de buscar competitividade no mercado mundial. Uma das opções pode vir a ser os sistemas mais intensivos de produção de leite, especialmente no que se refere à gestão e utilização mais eficiente de insumos e recursos (genética, nutrição e ambiente), tornando a atividade mais competitiva em relação a outras atividades econômicas.

Ainda que, como em outras regiões produtoras de leite mais desenvolvidas, o produtor brasileiro esteja buscando reduzir a ineficiência por meio da escala de produção, é premente a necessidade de estudos na busca de alternativas tecnológicas para estes sistemas de produção, já que o manejo é mais exigente à medida que se tem uma vaca mais produtiva.

Uma alternativa para intensificar a produção de leite, como no caso dos EUA e Israel (referências em produção de leite por vaca no mundo), por exemplo, é o uso de galpões com sistema de cama em compostagem do “tipo” *Compost Barn* (CB) que tem recebido atenção como um sistema de criação alternativo para gado leiteiro. O sistema consiste em uma instalação para vacas leiteiras de alta produção, com o objetivo de proporcionar melhorias significativas no conforto e no bem-estar do animal, que podem contribuir para outras melhorias nos índices produtivos, sanitários do rebanho, e com a possibilidade de redução dos custos de produção, além de proporcionar um uso alternativo e mais adequado dos dejetos orgânicos (fezes e urina) provenientes da atividade leiteira.

Por ser um sistema só recentemente implantado em algumas fazendas no Brasil, (primeiros relatos a partir de 2012), ainda suscita questões não consolidadas nas condições brasileiras, como: Quanto custa implantar um sistema de CB nas condições do Brasil? Quais os benefícios sob o ponto de vista dos indicadores zootécnicos? Quando se migra do sistema sem confinamento para o confinamento total, há melhorias nos indicadores zootécnicos?

O objetivo deste estudo foi descrever tecnicamente com base científica o sistema de *Compost Barn*, apresentar dados econômicos relacionados ao custo de implantação do mesmo e também resultados zootécnicos obtidos após a implantação do sistema.

Foram utilizados os dados de duas fazendas de produção de leite típicas da região sul do estado de Minas Gerais. Em termos específicos, a proposta visa: (a) estimar o custo de implantação do sistema; (b) acompanhar os indicadores técnicos de desempenho do sistema de produção, após a implantação do sistema CB.

A expectativa é revelar um conjunto de informações capaz de orientar o setor produtivo sobre a viabilidade desta alternativa de manejo para a produção de leite nas condições brasileiras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Produção de leite no mundo e oportunidades cadeia produtiva brasileira

A produção de leite do mundo, de um modo geral, está cada vez mais concentrada em números relativamente menores de vacas mais produtivas. As pesquisas têm sido no sentido de tornar os animais mais produtivos através de investimentos em genética, alimentação, sanidade, manejo, em suma, tecnologias de produção que proporcionam o aumento da produtividade dos rebanhos. Segundo a Embrapa (2010), entre 1989 e 2009, o crescimento geral da economia induziu a maior parte dessas transformações na atividade leiteira mundial ao pressionar em uma intensidade sem precedentes a demanda por lácteos e a expansão da produção.

Em termos da produtividade por animal e do crescimento desse indicador, o Brasil ainda figura entre os com produtividade mais baixa do mundo, sendo que dois países se destacam no cenário internacional: Estados Unidos e Israel.

Para que o Brasil se torne um importante *player* no setor e atenda à demanda interna de produtos lácteos, é necessária a melhoria de vários fatores, e um deles é a produtividade do rebanho que reflete a especialização dos sistemas de produção de leite (Zoccal, 2004). Cada vez mais para que se justifique em termos econômicos a permanência na atividade leiteira são necessários sistemas com animais de maior produtividade e, obviamente, envolvendo processos tecnológicos mais sofisticados (Stock et al., 2008). Dois dos maiores gargalos da cadeia produtiva nacional são: escassez e custo da mão de obra e valor terra, que fizeram com que o número de produtores recuasse de forma expressiva no país nos últimos 10 anos. Somente através do aumento de produtividade e da eficiência da utilização da terra, será possível permanecer na atividade nos próximos anos (Milkpoint, 2013).

2.2 Sistema de produção *Compost Barn* (CB)

O sistema *Compost Barn* (CB) pode ser uma alternativa de confinamento para vacas leiteiras. O principal objetivo do sistema é proporcionar um maior conforto aos animais, gerando maior produção e longevidade dos mesmos, além de proporcionar maior conforto aos colaboradores e melhorias no armazenamento e manejo dos dejetos dos animais.

Surgiu no final dos anos 80 no estado de Virginia nos Estados Unidos, a partir de adaptações do antigo sistema de *loosse housing* (Wagner, 2002). Segundo Damasceno (2012), desde então, vários barracões do tipo CB estão sendo usados em muitos estados nos Estados Unidos, especialmente no Centro-Oeste e Nordeste, e em outros países, como Japão, China, Alemanha, Itália, Holanda, Israel e, recentemente, no Brasil. Até o final de 2010, o número de CB aumentou significativamente e já eram em torno de 58 nos EUA. Este aumento significativo foi um indicativo de que o sistema se mostrou razoável em termos econômicos e uma boa alternativa de instalação para os produtores de leite que desejam atualizar ou modernizar suas instalações de produção de leite.

O sistema foi inicialmente desenvolvido para a realidade destes países, mas se disseminou por outras partes do mundo, com adaptações a diferentes cenários, instalações e tipos de mão de obra. Grande parte dos trabalhos publicados até o momento foram desenvolvidos basicamente em regiões de clima temperado, como o estado de Kentucky, nos EUA (Guimarães et al., 2015).

Na literatura mundial, o sistema de CB pode ser classificado em dois modelos distintos: o Americano e Israelense.

O modelo Americano caracteriza-se por cama composta por material rico em carbono, geralmente serragem. A compostagem ocorre de forma rápida e produz uma grande quantidade de calor sendo a principal responsável pela produção de vapor e consequente secagem da cama. São barracões com pista de alimentação central ou lateral, o corredor de alimentação é separado da cama por uma parede de 1,2 m de altura (figuras 1 e 2). O acesso dos animais à cama é dado por aberturas nessa parede. Para dimensionamento do sistema neste modelo, em média se calcula 10m² de cama por animal.

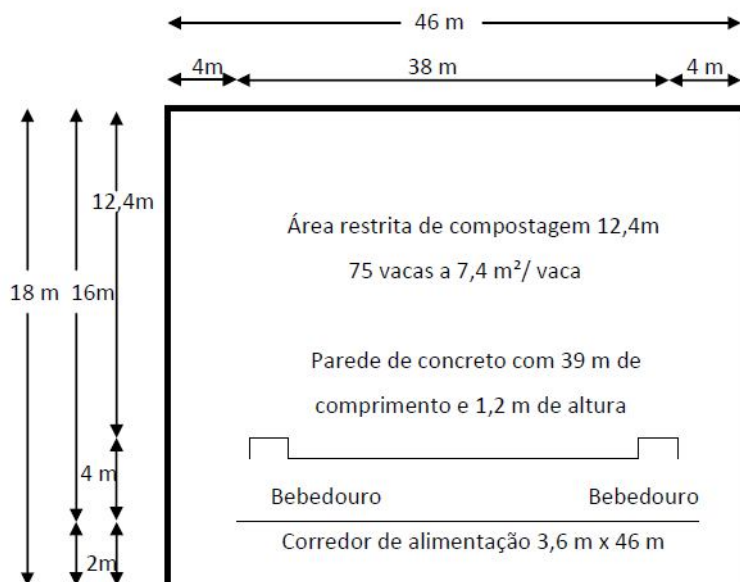


Figura 1. Modelo (sem escala) de barracão estilo americano (Janni et al., 2007).



Figura 2. Modelo de barracão CB estilo americano (Univ. Minnesota, 2007).

No modelo Israelense, a cama é formada unicamente por esterco e nesse ambiente pobre em carbono, a compostagem é muito lenta e a produção de calor baixa, por consequência, a transformação da água presente da cama em vapor é menor. Por esse motivo, o uso intensivo de ventiladores e telhados escamoteáveis é necessário afim de manter seca a cama. Nesse modelo, utiliza-se uma metragem maior de cama, geralmente variando de 15 a 20 m² por vaca quando o corredor de alimentação é de concreto e de 20 a 30m² quando o composto está diretamente ligado à pista de alimentação (figura 1).



Figura 3. Modelo de barracão CB estilo israelense (Livestock Reserch, Ned).

2.2.1 Descrição do Sistema

Esse sistema, segundo Barbeg et al. (2007), é composto basicamente por uma grande área de cama comum (área de descanso), normalmente formada por maravalha ou serragem, separada do corredor de alimentação ou cocho por um beiral de concreto. O diferencial é a compostagem que ocorre ao longo do tempo com o material da cama e a matéria orgânica dos dejetos dos animais.

Em trabalho realizado por Damasceno (2012), 42 produtores de leite em CB (100% da amostra da pesquisa) se mostraram muito satisfeitos com seus investimentos. Desses, 24,1% observaram que as vacas estavam mais confortáveis, e 12,1% disseram que o sistema resultou em aumento da limpeza das vacas (redução do escore de sujeira dos animais). A tabela 1 mostra outros benefícios que foram citados pelos produtores entrevistados que utilizam o CB como sistema de produção.

Tabela 1. Principais benefícios levantados pelos produtores de 42 sistemas de Compost Barn nos EUA.

Benefícios	Porcentagem
Melhora do conforto animal	24,1
Melhora do escore de higiene das vacas	12,1
Baixa manutenção	9,5
Adequado para vacas recém-paridas, velhas e com problemas de casco	8,6
Posição de descanso adequada/natural	7,8
Melhora da condição de casco e pernas	6,9
Proximidade com a ordenha (comparada ao pasto)	6,9
Redução na CCS	5,2
Aumento da detecção de cio	5,2
Facilidade de manejo com dejetos	2,6
Aumento da ingestão de matéria seca (comparada ao pasto)	2,6
Aumento da produção	2,6
Aumento da longevidade	2,6
Menores injúrias de tetos e pernas	1,7
Menor tempo sobre concreto	1,7

Fonte: Damasceno (2012).

Benefícios adicionais apontados pelos produtores americanos incluem a redução de investimento em capital quando em comparação com uma instalação do tipo *free stall*, simplicidade de tarefas diárias, aumento da longevidade da vaca, melhor saúde do úbere e higiene, e aumento da produção de leite (Barberg et al., 2007, Barberg et al., 2007b, Janni et al., 2007, Klaas et al., 2010). Black et al. (2013) também relatou melhoria da qualidade do ar e odor devido à redução da emissão de amônia e redução na população de moscas.

Uma estrutura bem projetada com lanternim, muros de proteção, laterais abertas, ventilação reforçada, cama frequentemente revirada e densidade de animais correta também são importantes para o bom funcionamento do CB (Bewley, 2013).

Segundo Damasceno (2012), a adaptação dos animais ao sistema CB é mais rápida do que a de outros confinamentos, fato que tem levado a um grande interesse por parte dos produtores americanos. Mas esse mesmo autor cita que, por se tratar de um sistema novo, há ainda vários questionamentos de manejo e pontos críticos a serem respondidas, por isso, pesquisas ainda são necessárias.

2.2.2 Cama

2.2.2.1 Processo de compostagem e manejos necessários

O conceito geral de compostagem é misturar uma fonte de carbono (cama) com material orgânico rico em nitrogênio (esterco/urina), enquanto fornece condições (porosidade) para incentivar a infiltração de ar no material e manter o nível de umidade para conseguir a quebra rápida da matéria orgânica (Bewley et.al, 2013).

É importante notar que fazer a compostagem dentro de um estábulo onde esterco, urina e cama são continuamente adicionados resulta em uma compostagem em aberto que não está completamente finalizada ou seca (Bewley et.al, 2013). Desta maneira o CB pode ser a instalação primária em rebanhos menores ou fornecer necessidades especiais de outras instalações em rebanhos maiores.

Elementos como temperatura, relação carbono: nitrogênio, oxigênio, pH, umidade e matéria prima em equilíbrio são fundamentais para um bom processo de compostagem (Ekinci et.al, 2006).

O sucesso do processo de compostagem depende da manutenção de níveis adequados desses elementos acima citados e gerando calor suficiente para secar o material e reduzir a população de microrganismos patogênicos (Bewley e Black, 2013).

Barberg et al. (2007) descreveram que os produtores normalmente adicionam 30 a 45 cm de cama nova para começar o CB e posteriormente adicionam camadas de 5 a 10 cm a cada duas a cinco semana de acordo com o espaçamento definido por vaca no barracão, para manter um bom processo de compostagem. Segundo o autor, quanto maior a taxa de lotação mais frequente será a recarga de cama. O período, a estação do ano, a umidade, as chuvas e a temperatura ambiente também interferirão nesta reposição.

Janni et al. (2007) recomendam evitar material verde ou com muita umidade, devido à possibilidade de aumento do risco de exposição a bactérias, principalmente *Klebsiella*, causadoras de mastite.

As vacas compactam a cama ao caminhar e deitar e desta forma, reduzem a quantidade de espaço para o ar livre penetrar no material (Kader et al., 2007). Por essa razão, a revirada frequente (duas a três vezes por dia durante as ordenhas, utilizando de roto-cultivadores ou subsoladores) é necessária e indispensável para que se tenha um bom processo

de compostagem (Janni et al., 2007). Além disso, a revirada é importante para manter a superfície limpa (Barberg et al., 2007).

Janni et al. (2007) recomendam revirar o CB entre 25 a 30 cm de profundidade. Pesquisa realizada pela Barberg et al. (2007) relatou que os produtores estavam agitando entre 18 e 24 cm de profundidade. Segundo Russelle et al. (2009) e Galama et al. (2011), não agitar a uma profundidade suficiente tem várias consequências. Em primeiro lugar, cria-se uma condição anaeróbica muito próxima da superfície, o que pode trazer riscos para os animais, principalmente em relação à mastite. Em segundo lugar, há uma redução na capacidade da cama em manter altas temperaturas já que a camada ativa estará muito superficial.

Manejo e gerenciamento inadequados podem levar a condições muito indesejáveis da cama de compostagem, como vacas sujas, contagens de células somáticas elevadas e um maior risco de ocorrência de mastite clínica (Black et al, 2013).

Problemas na compostagem também podem trazer consequências negativas para a qualidade do ar dentro do barracão, com aumento do nível de metano, ácidos orgânicos e sulfato de hidrogênio (Misra et al., 2003).

Segundo Janni et al. (2007), os implementos utilizados no processo de revirada diária têm vantagens e desvantagens. O subsolador permite a agitação mais profunda (25,4 a 45,7 cm), o que promove camada de compostagem ativa mais profunda. Já o roto-cultivador, embora não consiga atingir camadas mais profundas (10,2 a 15,2 cm, somente), promove uma quebra mais fina do material de superfície, facilitando a entrada de ar e uma maior superfície de contato para os microorganismos agirem. Como ponto negativo, a utilização frequente do roto cultivador pode levar a uma maior compactação da superfície da cama. Desta forma, não existe uma regra de manejo dos implementos, sendo o aspecto físico da cama, o definidor desse.

O material é sobreposto de 6 meses a 1 ano, dependendo do manejo adotado pela fazenda, sendo retirado normalmente em épocas onde as áreas de plantio estão livres para recebê-lo. Desta forma, há uma maior incorporação da matéria orgânica no solo, além de nutrientes de alto valor, como nitrogênio e fósforo, que poderão ser melhores aproveitados pelas plantas (Barberg et al., 2007b; Gay, 2006; Janni et al., 2007).

Algumas fazendas ainda incorporam à cama, dejetos orgânicos provenientes de outros locais, como pista de alimentação, corredores de deslocamento de animais, entre outros. Segundo Jannie et al. (2007), esse manejo não é recomendado, já que seria necessária uma maior reposição de material inorgânico para manter o nível de umidade e relação carbono: nitrogênio. E ainda há o risco de a cama ter locais com muita ou pouca matéria orgânica, o que poderia prejudicar o processo de compostagem como um todo.

Para o início de um novo ciclo de compostagem, normalmente as fazendas deixam um resíduo de 10 a 15 cm de composto antigo para acelerar esse novo processo. Além disso, recomenda-se não iniciá-lo na época de temperaturas mais baixas (Janni et al., 2007).

2.2.2.2 Taxa de lotação

A taxa de lotação ótima dentro do barracão de CB é dependente da quantidade de estrume e urina depositados na cama, a atividade microbiana e ao equilíbrio da umidade da superfície da cama (Janni et al., 2007).

Mais umidade depositada requer mais espaço por vaca, mais cama para absorver a umidade, ou aumento do arejamento para fornecer mais ar e evaporação. Além disso, uma quantidade mínima de espaço por vaca é necessária para permitir que todas as vacas possam deitar ao mesmo tempo e também se movimentarem em sentido aos bebedores e comedores (Janni et al., 2007).

Segundo Bewley et al., (2013), a área da cama deve fornecer entre 7,9 m² (raças menores) e 9,29 m² (raças maiores) de espaço de descanso por vaca. Essa taxa de lotação por vaca precisa aumentar em 0,93 m² para cada 11,34 kg de aumento na produção de leite por dia acima da produção de 22,68 kg por dia. Isso ocorre porque essas vacas produzirão mais urina e esterco devido ao maior consumo de água e alimentos. Em instalações para vacas com necessidades especiais, o autor sugere que os produtores forneçam 11,61 m² de área de cama por vaca alojada.

Wagner (2002) recomendou 9,4 m²/vaca para CB da Virginia, EUA. Já para o estado de Minnesota, Janni et al. (2007) recomendou 7,4 m²/vaca para animais de 540 kg ou 6,0 m²/vaca para animais de 410 kg (raça Jersey).

Sistemas de CB em Israel, onde a cama não é repostada, é utilizado um maior espaço por vaca para suportar a retenção de água. É recomendado, nestas condições, 15 m²/vaca quando as vacas se alimentam em pista de alimentação de concreto, e entre 20 e 30 m²/vaca quando não há pista concretada (Klaas et al., 2010).

Similar a estes, os sistemas de CB na Holanda também utilizam 15 m² por animal para reduzir entrada de material orgânico e reduzir o requerimento de cama (Galama et al., 2011).

2.2.2.3 Materiais utilizados e tamanho de partícula

Basicamente qualquer material rico em carbono, com boa capacidade de absorver água, que não provoque alergias e que dê conforto para que as vacas deitem pode ser utilizado na cama (Petzen et al., 2009). Soluções locais com bom desempenho e baixo custo podem também serem avaliados sob o ponto de vista técnico e econômico.

O material a ser utilizado pode ser determinante para o sucesso do processo de compostagem e também na determinação do tempo que a cama demorará a ser trocada ou retirada.

Alguns fatores são importantes na definição do material a ser utilizado: teor de umidade do material (já que se deseja que o mesmo seja o mais seco possível), o menor resíduo de produtos químicos possíveis (que possam inibir a atividade microbiana) e com boas relações em termos da relação Carbono:Nitrogênio (elementos fundamentais para o processo de compostagem). Análises em laboratório especializado, dos possíveis materiais a serem utilizados, será o primeiro passo para auxiliar na escolha do material para o CB.

O material mais utilizado entre os produtores são aparas de madeira ou serragem finamente processada (Janni et al., 2007). Isso ocorre porque o material serve como boa fonte de carbono e quando finamente processado, facilita a aeração, proporcionando uma boa atividade e crescimento microbiano (Damasceno et al, 2012).

Mas como os custos de serragem estão cada vez maiores e há uma escassez do produto, surge o interesse em fontes alternativas de cama nos EUA (Shane et al., 2010). Materiais como: palha de trigo, milho e soja, semente de linhaça, arroz cascas, cascas de café, bagaço, papel, casca de amendoim se mostraram eficientes e com potencial para ser utilizados sozinhos ou associados a outros materiais em CB nos EUA (Shane et al., 2010). Em Israel, emprega-se a ideia de nenhuma fonte de cama adicional, usando apenas esterco como um substrato de compostagem (Klaas et al., 2010).

Tamanho de partícula e sua distribuição são críticos para equilibrar a área superficial da cama em termos de crescimento de microorganismos, manutenção de porosidade adequada para aeração, além de ajudar na capacidade de absorção de umidade pela cama e na disponibilidade do carbono para o processo de compostagem (Damasceno et.al 2012).

Quanto maior for o tamanho de partícula, menor a área de superfície em relação à massa. Assim, o composto com grandes partículas não se decompõem de forma adequada porque o interior das partículas tem acessibilidade reduzida de oxigênio para os microorganismos aeróbios (Bernal et al., 1993). No entanto, as partículas que são também

muito pequenas podem ter uma maior compactação, reduzindo a porosidade e o fluxo de ar no interior da camada de compostagem prejudicando o processo (Damasceno et. al 2012).

Alguns trabalhos têm associado maiores dificuldades de limpeza dos tetos por ordenhadores quando a cama do CB tem partículas muito finas (CWMI, 2006). Por isso, uma mistura de tamanhos de partículas pode ser uma boa alternativa para um bom processo de compostagem (Damasceno et. al, 2012).

Alguns estudos têm observado que a capacidade de armazenamento de água (WHC) aumentou com a diminuição do tamanho de partícula do material de compostagem (Changirath et al., 2011). Levando em consideração que o objetivo é manter a cama de compostagem mais seca, se o material utilizado na cama tem uma alta WHC, o produtor de leite terá mais dificuldade de mantê-la seca.

2.2.2.4 Aspectos químicos (relação carbono: nitrogênio)

Carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) são os nutrientes primários requeridos pelos microrganismos envolvidos na compostagem. Nitrogênio, fósforo e potássio também são os principais nutrientes para as plantas e por isso as suas concentrações influenciam o valor do composto retirado do sistema de CB (Damasceno et al., 2012). Muitos materiais orgânicos, incluindo adubos, contêm uma ampla quantidade de nutrientes e podem ser utilizados na cama de compostagem, conforme pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2. Materiais utilizados em compostagem, de seus aspectos químicos.

Material	Umidade (%)	C: N
Alto Carbono		
<i>Feno</i>	8 - 10	15-30
<i>Palha de Milho</i>	12	60 - 70
<i>Palha</i>	5 - 20	40 - 150
<i>Serragem</i>	20-60	200 - 700
<i>Lascas de Madeira</i>	-	100 - 500
Alto Nitrogênio		
<i>Esterco Bovino</i>	80	5-25
<i>Capim cortado</i>	-	15-25

Fonte: Adaptado de NRAES-54 (1992).

Microrganismos utilizam carbono como fonte de energia para o seu crescimento e de nitrogênio como fonte de proteína essencial para o metabolismo e reprodução. De maneira geral, os organismos biológicos precisam de cerca de 25 vezes mais carbono do que nitrogênio (NRAES-54,1992), por isso a importância de se fornecer carbono e nitrogênio em proporções adequadas para um adequado processo de compostagem.

Relações de C:N acima de 30:1 são ideais para que a compostagem permaneça ativa, sendo que em relações inferiores a 20:1, o carbono disponível é totalmente utilizado sem estabilizar todo o nitrogênio. Desta maneira, o excesso de nitrogênio pode ser liberado para a atmosfera, causando odor amoníaco e podendo tornar-se um problema (NRAES-54, 1992).

Compostos com índices de C:N superiores a 40:1 vezes requerem mais tempo para a compostagem dos microrganismos, para que os mesmos possam utilizar o excesso de carbono existente (NRAES-54, 1992).

Na prática, para mensurar estes índices são necessários envios de material da cama para análise em laboratórios especializados. O recomendado seriam análises a cada dois ou três meses para que um bom acompanhamento. O custo médio é de R\$ 60 a R\$ 80,00 por amostra enviada.

2.2.2.5 Aspectos biológicos

Um dos aspectos da compostagem que faz com que seja uma alternativa atrativa para a aplicação direta do adubo não tratado é o alto grau de destruição de agentes patogênicos que a operação de compostagem gera. O conteúdo de patógenos no composto é importante porque caso seja indevidamente tratado, pode ser uma fonte de agentes patogênicos para o ambiente e, como tal, uma ameaça para os seres humanos e animais (Damasceno et al., 2012).

Microrganismos patogênicos que podem estar no composto incluem bactérias, vírus, fungos e parasitas. Apesar de parasitas e vírus não poderem se reproduzir além de seu hospedeiro, eles muitas vezes podem sobreviver por longos períodos de tempo no ambiente, desde que encontrem condição para isso (NRCS, 2010).

As bactérias são os menores organismos vivos e os mais numerosos dentro de um composto. Elas representam 80 a 90% dos bilhões de microrganismos tipicamente encontrados em composto. São responsáveis pela maior parte da geração de calor em

decomposição, se utilizando de uma ampla gama de enzimas para quebrar quimicamente uma variedade de materiais orgânicos (CWMI, 2006).

Barberg et al. (2007) reportaram contagem total de bactérias em 12 compostos nos EUA de 9.112.700 ufc/ml na superfície da cama. Desta contagem, 10,7% eram de coliformes, 39,4% de *Streptococcus* ambientais, 17,4% de *Staphylococcus* ambientais e 32,5 % *Bacillus*.

Trabalho de Jasper et al. (1980) mostra que contagem bacteriana acima de 1.000.000 ufc/ml é um fator de risco de mastite para os animais.

Na tabela 3 observa-se que entre as bactérias, os actinomicetes (como alergênicos e patógenos oportunistas) e os grupos gram negativos e positivos (como indicadores de termo higienização insuficiente – coliformes fecais e produtores de endotoxinas), são os mais importantes no contexto de compostagem (Beffa, 2002).

Tabela 3. Grupos de microrganismos patogênicos para humanos e animais encontrados em compostagem.

Bactéria	Fungo	Virus
<i>Coliforme</i>	<i>Aspergillus fumigatus</i>	<i>Coxsackie . B. Virus</i>
<i>Enterobacter</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Echo- Virus</i>
<i>E. coli</i>		
<i>Pseudomonas</i>		
<i>Staphylococcus sp.</i>		
<i>Streptococcus so.</i>		

Fonte: Beffa (2002).

2.2.2.6 Parâmetros gerenciais da cama

Temperatura

Com arejamento adequado, os microrganismos são capazes de degradar o material e produzir calor, por isso a temperatura é o melhor indicador da eficiência do processo de compostagem (Stentiford, 1996).

A destruição dos patógenos ocorre quando as temperaturas de compostagem atingem entre 55 e 65 °C; no entanto, a eficiente degradação do material de compostagem (redução do

volume) ocorre quando as temperaturas estão entre 45 e 55 °C. Quando as temperaturas caem abaixo de 40 °C, indicam atividade microbiana mínima e uma taxa de compostagem lenta.

Portanto, o monitoramento de temperatura permite uma básica compreensão da quantidade e tipo de atividade microbiana que ocorre dentro do composto (Stentiford, 1996).

Alguns pesquisadores como Barberg et al. (2007a) e Klaas et al. (2010), em levantamento de temperaturas em barracões nos EUA e Israel, encontraram temperaturas entre 25 e 42°C, temperaturas inferiores ao indicado como um bom processo de compostagem. Segundo (Epstein et al., 1978), isso ocorre devido as frequentes aerações que ocorrem no manejo do sistema.

Umidade

A taxa de transferência de nutriente máxima ocorre num ambiente aquoso de 100% de umidade (Stentiford, 1996). No entanto, o processo de compostagem não pode ocorrer em um meio líquido, porque o material de compostagem é sólido. O processo de compostagem ocorre de maneira ótima entre 40 e 60% de umidade (Jeris e Regan, 1973, Stentiford,1996, Suler e Finstein, 1977) e entre 15 e 20 cm de profundidade.

Embora umidade seja necessária para a transferência de nutrientes, a aeração também é importante para manter ambiente aeróbico para a população microbiana. Um ambiente mais seco com um teor de umidade entre 30 e 35% inibe a atividade microbiana (Stentiford, 1996). Excessivamente molhado (acima de 60%) inibe a capacidade de aeração (Schulze, 1961) já que fica mais susceptível à compactação, prejudicando a atividade microbiana e consequente compostagem (Das e Keener, 1996). Além disso, com a umidade alta as vacas ficam mais sujas e com consequente aumento do risco de mastite (Barberg et. al, 2007).

Segundo Janni et al. (2005), uma boa ventilação ajuda a secar a superfície da cama recém revirada e retardar o crescimento de bactérias. Produtores que utilizam o sistema de CB nos EUA recomendam adicionar uma camada de cama nova ou redução da taxa de lotação do barracão quando a mesma estiver com umidade acima do recomendado.

As temperaturas mais elevadas, promovido pela aeração, aumentam a umidade evaporativa (NRAES, 1992), indicando uma interação entre umidade e temperatura, e a importância de gerir estes dois parâmetros simultaneamente.

2.2.3 Ventilação artificial

Dentro de um projeto de instalação do CB, a definição do tipo de ventilador a ser utilizado deverá ser o primeiro item a ser definido, para que se possa fazer o correto dimensionamento da cama e barracão de alojamento das vacas (Wells et al., 2004). Além disso, a escolha do local e a orientação da instalação do barracão também são fundamentais para maior aproveitamento da ventilação natural, principalmente no período mais quente do ano (Brouk et al., 2001). Além disso, a largura e altura de construção da parede lateral, aberturas de lanternin e beirais são necessários no sentido de melhorar a condição térmica dentro dos barracões (Armstrong et al., 1999).

Ventiladores devem ser instalados sobre a cama para auxiliar no processo de secagem da mesma, além de melhorar a circulação de gases da compostagem (CO_2 e O_2), controlando a temperatura do galpão e proporcionando conforto térmico às vacas. Outra função desta ventilação artificial é manter a superfície da cama fria, principalmente após o revolvimento diário da cama (Shane et al., 2010).

A ventilação deve ser homogênea para evitar aglomeração de animais em algumas localidades do galpão, implicando em excesso de fezes e urina em locais específicos.

O modo de funcionamento dos ventiladores ocorre de maneira individual para cada local onde se instala o sistema de CB. Esse funcionamento pode ser determinado manualmente ou através de sistemas de automatização através do uso de termostatos (Damasceno, 2012).

De maneira geral, os ventiladores devem ser ligados de forma contínua a partir dos 17-19°C de temperatura dentro do barracão. Em casos de temperaturas inferiores as mencionadas, podem ser necessários acionamentos intermitentes para auxílio da secagem da cama (Wells et al 2004).

Os ventiladores devem fornecer 1,8 m/s a 5 cm de toda a extensão da superfície da cama em todos os estágios do processo, ou seja, tal medida é importante independente da altura em que a cama esteja. Nesta velocidade, o vento tem a maior taxa líquida de secagem da cama (Black et al, 2013).

Devem ser fixados com um ângulo para baixo de 15 a 30° de maneira que um ventilador esteja apontado para a projeção da base do próximo ventilador conforme item 1 da figura 4. A base do ventilador deve ser o mais baixa possível, tomando-se cuidado para que haja espaço suficiente para passagem de tratores por baixo.

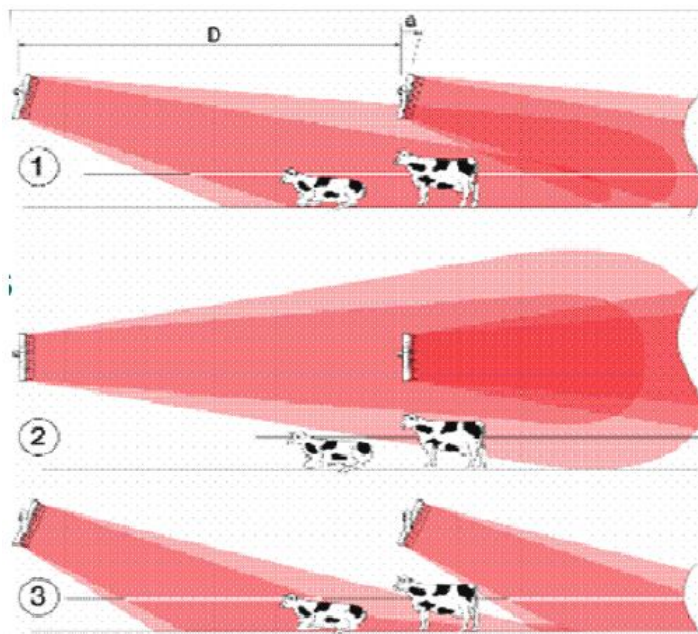


Figura 4. Direcionamento dos ventiladores (item 1- mostra o modelo mais correto de fixação e direcionamento).

Como se trata de um item fundamental para o bom funcionamento do sistema, é importante saber medir e monitorar a velocidade do vento (aparelho termo anemômetro) e não somente confiar nas recomendações dos fabricantes (Black et al., 2013).

Evidência de ventilação inadequada inclui aglomeração de animais em determinada área do barracão, vacas ficam em pé por tempo acima do normal, presença de odores desagradáveis no interior do barracão e alta umidade da cama (Damasceno, 2012). Pouca ventilação ou excesso de ventilação no período frio do ano podem trazer também problemas respiratórios nos animais (Wells et. al., 2004).

Aspersores de água instalados em barracões de CB com pista de alimentação concretada também podem auxiliar na melhoria do conforto dos animais. Um bom projeto de aspersão é muito importante para que essa umidade não interfira no processo de compostagem da cama.

Atualmente, principalmente em Israel, tem sido utilizado o conceito de “sala de banho”, ou seja, uma sala em anexo as instalações do CB com o objetivo de se deslocar as vacas quando as mesmas apresentam sinais de estresse térmico para que sejam resfriadas com água e vento. Desta forma, há um resfriamento mais eficiente das vacas já que todos os animais permanecem nesta sala ao mesmo tempo. Além disso, há economia de energia e água no sistema.

2.2.4 Conforto e bem estar animal

O comportamento de deitar é muitas vezes considerado um indicador de bem-estar animal e é usado como uma comparação objetiva de conforto animal entre os diversos sistemas de produção de leite (Fregonesi and Leaver, 2001).

Quando as vacas foram alojadas em sistema de CB, elas permaneceram deitadas entre 10 a 14 h/d, segundo Fregonesi e Leaver (2002) e Singh et al. (1993). Endres e Barberg (2007) reportaram em 9,3 horas por dia.

Fregonesi e Leaver (2001) observaram o comportamento de deitar das vacas em 4 grupos diferentes: vacas de baixa produção alojadas em CB (LB), vacas de baixa produção alojadas em *free stall* (LF), vacas de alta produção alojadas em CB (HB) e vacas de alta produção alojadas em *free stall* (HF). Vacas alojadas em CB passaram mais tempo deitadas (LB = 843 min/d, LF = 814 min/d, HB = 792 min/d, HF = 711 min/d; P <0,01) e ruminando (LB = 507 min/d, LF = 468 min/d, HB = 538 min/d, HF = 473 min/d; P <0,001).

Fregonesi et al. (2009) observaram resultados semelhantes quando permitiu que vacas escolhessem entre *free stall* e CB. As vacas passaram mais tempo deitadas no CB ($7,2 \pm 0,3$ h/d) do que nos *free stall* ($5,9 \pm 0,3$ h/d; P <0,05).

Eckelkamp et al. (2014) também relataram que vacas em transição de *free stall* para o CB ficaram 4 h /d a mais deitadas (9,1 vs. 13,1 h/d, respectivamente). Vacas com algum tipo de problema no sistema locomotor (escore acima de 3) permaneceram ainda mais tempo deitadas quando colocadas em CB (5 h/d a mais).

A hipótese dos pesquisadores é de que a superfície da cama do CB e o menor contato com o concreto proporcionou maior conforto para as vacas do que quando comparado a cama de areia ou borracha do *free stall*.

Outra observação de Endres e Barberg (2007) foi de que cerca de 5,4% das vacas observadas deitadas se mostravam com a cabeça no chão e o corpo todo esticado (conforme figura 5), mostrando assim posição de total conforto dentro do CB. Haley et al. (2000) observaram que somente 0,7 e 1,9% das vacas em *free stall* e *tie stall*, respectivamente apresentavam esta posição.



Figura 5. Vaca em posição de total conforto dentro do sistema CB (Foto: Milkpoint).

2.2.5 Produção de leite

Vários autores observaram melhorias produtivas dos animais após a entrada no sistema de CB. Barberg et al. (2007b) observaram mudanças de desempenho e saúde de forma gradual ao se fazer a transição para uma nova instalação de alojamento das vacas. Observou também um aumento do consumo de matéria seca que proporcionou aumento de produção.

Damasceno (2012) também observou que, quando o sistema de compostagem é bem trabalhado, as vacas permanecem mais limpas, há aumento da produção de leite e redução da claudicação nas mesmas.

Bewley (2013) mostrou resultados satisfatórios relativos ao aumento de produção de leite (1,4 a 2,1 kg) quando as vacas foram retiradas de um *free stall* e colocadas em um sistema de CB. Black et al. (2013) também observaram aumento de 0,8 kg por vaca/dia no período de transição de um sistema de *free stall* para CB, e de 1,4 kg após a adaptação em oito fazendas americanas. Em outro estudo de Black et al. (2013) em sete fazendas, houve aumento de 1,1 kg de leite por dia após a entrada no CB. Astiz (2014) observou aumento de 1,7 kg de leite por dia quando as vacas foram transferidas para o CB.

Grant (2007) avaliou vários trabalhos relacionando o tempo em que as vacas permaneciam deitadas e produção de leite. Segundo o mesmo, para cada hora a mais que o animal permanece deitado, houve um aumento de 1,6 kg de leite por dia.

Segundo Fregonesi e Leaver (2001), o tempo em que as vacas ficam deitadas é um bom indicador de bem-estar animal. O manejo e o alojamento influenciam em muito esse tempo e, conseqüentemente, a produção de leite.

Quando se avaliou este aumento de produção ao longo de toda lactação, o trabalho de Black et al. (2013) mostrou um aumento de 376 kg de leite na lactação média das vacas de oito fazendas americanas após a implantação do CB. Em outro trabalho de Black et al. (2014), essa diferença ficou na média de +261 kg de leite na lactação das vacas em sete fazendas. Ponto importante é que, nestes dois trabalhos, as vacas saíram de um sistema *free stall*, onde já tinham uma condição de conforto relativamente boa, para o de CB. Nesse mesmo trabalho, o pico na lactação das vacas passou de 38,7 para 40,0 kg, contribuindo assim, segundo os autores, para o aumento da produção total da lactação.

2.2.6 Reprodução

Grummer et al. (2007) mostraram que fazendas de leite no mundo inteiro têm vivenciado um contraste entre o aumento da produção de leite e a redução drástica da fertilidade de vacas (principalmente nas de alto mérito genético) de alta produção. As hipóteses têm como base fatores genéticos, fisiológicos, nutricionais, balanço energético negativo, instalações e manejo, sendo a investigação realizada no animal, órgão ou até mesmo no âmbito celular. O grande problema a ser enfrentado baseia-se no fato de a reprodução ser multifatorial e dependente do manejo adotado pela fazenda.

Mesmo com o aumento da produtividade dos animais quando entraram no CB, efeitos positivos na reprodução foram observados em vários trabalhos após a entrada das vacas no CB. Astiz (2014) mostrou que vacas que pariram em sistema de CB apresentaram menor índice de metrite e endometrite, melhorando assim os parâmetros reprodutivos dos animais. Bewley (2013) observou um menor período de dias em aberto, 173 versus 153 após a entrada no CB.

Resultados semelhantes foram observados por Endres et al. (2013), em que o desempenho reprodutivo melhorou significativamente em quatro dos sete rebanhos avaliados, com melhoras de 25,9 % e 34,5 % na taxa de detecção de cio e na taxa de prenhes.

Em outros trabalhos nos EUA (Black et al., 2013), comparando o desempenho reprodutivo das vacas antes e depois da implantação do sistema, observou-se melhorias nos parâmetros reprodutivos do período antes e durante a transição para o CB, incluindo intervalo entre partos ($14,3 \pm 0,1$ vs. $13,7 \pm 0,1$ meses, respectivamente; $p < 0,05$), dias para primeiro serviço ($104,1 \pm 3,0$ vs. $85,3 \pm 3,0$ dias, respectivamente; $p < 0,05$), e dias em aberto ($173,0 \pm 3,5$ vs. $153,4 \pm 3,4$ dias, respectivamente; $p < 0,05$). Um aumento na percentagem de cios

observados também ocorreu no primeiro ano após implantação do sistema ($42,0\% \pm 2,6\%$ vs $48,7\% \pm 2,5\%$, respectivamente; $p < 0,05$).

Phillips e Schofield (1994) relataram que as vacas expressaram mais vezes o comportamento de estro, como cheirar e lambe a área genital (0,3 vs 0,2 incidências por 30 min) e realizaram menos montas mal sucedidas (0,4 vs 0,5 incidência por 30 min) quando alojados em CB em comparação com um *free stall*, respectivamente. Segundo os autores, uma melhor condição de superfície e uma melhor saúde de casco no CB proporcionaram estes resultados.

O impacto dessa melhoria reprodutiva nas fazendas pode ser associado a ganhos econômicos e zootécnicos. O fato de as vacas ficarem prenhas mais rapidamente, possibilita que as mesmas permaneçam ao longo da sua vida produtiva em início de lactação (fase essa com melhores retornos econômicos) e deixando mais crias na fazenda (Linderoth, 2011).

2.2.7 Sanidade (casco e mastite)

Resultados experimentais sugerem que o CB oferece potencial para obter uma excelente saúde do úbere, desde que a ordenha e os procedimentos pré e pós-ordenha estejam adequados (Barberg, 2007).

Quando bem manejado e quando a cama se apresenta seca, o sistema CB leva a uma redução na CCS e à vaca mais limpa, diminuindo o risco de contaminação do leite no momento da ordenha (Damasceno, 2012).

Por depender deste correto manejo da cama, alguns trabalhos apresentam resultados contraditórios em relação à saúde de glândula mamária e qualidade de leite em sistemas de CB.

Alguns fatores negativos de saúde animal foram atribuídos ao CB, incluindo aumento do risco de infecção intramamária (Fregonesi e Leaver, 2001). O aumento do tempo da vaca deitada provavelmente aumenta a exposição do úbere a patógenos ambientais.

Fregonesi et al. (2001) relataram que o escore de higiene (1,5 vs. 0,4, em uma escala de 1 a 5 (onde 1 é limpo e 5 é muito sujo; $p < 0,001$) e CCS (386.000 contra 118.000 células/mililitro de leite; $p < 0,05$) foram maiores para as vacas alojadas em galpões de compostagem em relação aos de *free stall*, respectivamente.

Outro estudo, Lobeck et al. (2011), comparando CB, ventilação cruzada (CV) e ventilação natural (NV), observaram que vacas alojadas em CB tiveram escore de higiene

mais altos (1 = limpas e 5 = muito sujas) do que os animais alojados em *free stall* com ventilação cruzada e natural. Segundo os autores, estes resultados estão relacionados à dificuldade de gerenciar e manejar a superfície da cama no tempo mais frio.

Norman et al. (2010) relataram que em fazendas com o CB em Kentucky, EUA, a CCS do tanque de refrigeração foi menor do que a média geral de todas as fazendas deste mesmo estado.

Em um trabalho conduzido por Endres et al. (2007) em 12 fazendas dos EUA com sistema CB, a análise histórica da CCS do tanque mostrou que três dos sete rebanhos analisados tiveram uma redução significativa na CCS tanque de refrigeração, quando comparada ao sistema de criação anterior. A taxa de infecção de mastite clínica diminuiu significativamente em 12% em seis das nove fazendas analisadas.

Black et al. (2013) mostraram resultados satisfatórios na redução de CCS (411.000 para 275.000 células/ml) quando comparado aos dados antes e depois da adoção do sistema CB.

No estudo de caso Petzen et al. (2009), os escores de CCS não se alteraram antes nem depois da implantação do CB, indicando que não houve impacto na qualidade do leite produzido.

Barberg et al. (2007) encontraram, em Minnesota, taxas de infecção de mastite em sistema de compostagem 12% menores do que nos rebanhos *free stall*.

Outro estudo de Lobeck (2011) não mostrou diferença na prevalência de mastite (porcentagem de vacas com CCS acima de 200.000) entre três sistemas de confinamento: 26,8% *free stall* com ventilação cruzada; 26,8% *free stall* com ventilação natural e 33,4% no composto.

Bewley (2013) comparou dados de CCS de tanque de refrigeração de vários trabalhos americanos em fazendas com alguns tipos de confinamentos. Os dados para CCS apresentados foram os seguintes: 252.860 células/ml de leite em CB (Black et al., 2012); 357.000 células/ml em *free stall* com cama de borracha (USDA, 2012) e 272.000 células/ml em *free stall* com cama de areia (USDA, 2012).

Em relação aos indicadores de mastite, Eckelkamp et al. (2016) mostraram que não houve efeito do tipo de alojamento (CB vs *Free Stall* com cama de areia) e do escore de higiene sobre a CCS média de vacas, prevalência de vacas com alta CCS (>200.000 células/mL), incidência de mastite clínica e distribuição de patógenos causadores de mastite clínica. No entanto, os menores valores de CCS foram observados quando a superfície das camas e as temperaturas ambientes estavam mais baixas, o que indica que o estresse térmico é um fator de risco importante para o aumento da CCS. Em relação ao escore de gravidade de

mastite clínica, foi observado maior incidência de graus moderado (alteração nas características do leite e úbere) e grave (sintomas sistêmicos) em vacas alojadas em sistema *free stall* em comparação com sistema CB.

Problemas de casco podem estar associados a questões nutricionais, alterações hormonais no momento do parto, traumas, ambiente dos animais, manejo geral, tipo de instalação e agentes infecciosos, sendo esta última diretamente relacionada ao ambiente dos animais (Cook and Nordlund, 2009).

Vários trabalhos têm mostrado redução nos problemas locomotores em sistema com predominância de cama do que as com concreto (Somers et al., 2003).

Sistemas CB reduzem muitos problemas de claudicação observados em sistemas *free stall*. A hipótese dos pesquisadores é de que as vacas alojadas em CB têm bons pés e boa saúde de pernas devido ao aumento do tempo deitada (Eckelkamp et al., 2014) e menor tempo em pé sobre concreto.

Lobeck et al. (2011) mostraram menor incidência de problemas de casco em vacas em sistema de CB do que quando comparado ao *free stall* (4,4% vs 13,5% respectivamente). Shane et al. (2010) observaram diferenças sazonais em termos de prevalência de problemas de casco em CB: no outono foi de 9,1%, de 12,1% na primavera, 12,2% no verão, e 13,0% no inverno. Em média, as vacas com escore de locomoção acima de 2 eram de 9,1% do rebanho, as severamente afetadas (escore > 3) era de 2,5%.

Resultados recentes onde não foi observado efeito do tipo de cama sobre o escore de jarretes e o escore de locomoção dos animais em CB e em *free stall* foram apresentados por (Eckelkamp et al., 2016).

Taxas de descarte anual de vacas caíram de 25,4 % para 20,9 % depois que as vacas foram levadas para o CB (Barberg et al., 2007), mostrando uma melhoria da sanidade em geral dos animais.

2.2.8 Utilização do composto na agricultura

Tão importante quanto o custo da cama a ser colocada no composto é a contabilização da receita que ela proporciona quando utilizada na agricultura. Economias significativas são realizadas em fertilização química quando utiliza-se esse material nas áreas de cultura das propriedades (Damasceno 2012). Além disso, são observados melhores rendimentos em solos tratados com o composto (NRAES-54, 1992).

Segundo Petzel et al. (2009), o composto gerado da cama é uma excelente fonte de nutrientes para usar em plantio direto, isso porque mais nitrogênio está na forma orgânica estável do que quando comparado ao esterco líquido ou fresco. Entretanto, análises laboratoriais que mensurem os níveis de carbono e nitrogênio, pH e umidade do composto são essenciais para orientar o produtor no uso do composto em áreas de agricultura. Nesse estudo, baseado nas análises laboratoriais realizadas no composto da fazenda, os valores da época dos insumos necessários para agricultura chegaram a U\$\$ 98,55 de economia para cada 10 toneladas de composto produzido.

O composto proveniente do CB pode ser usado na agricultura, tendo diversos benefícios ao solo. Quando usado imediatamente após a retirada do barracão devemos atentar para que toda a cama esteja compostada. Ela estará ideal para ser lançada na agricultura quando já não for possível evidenciar partículas originais da cama e o composto assume forma parecida com turfa. Se existe a necessidade de troca da cama e o ponto ideal de compostagem não foi atingido, deve-se retirar o composto e fazer uma pilha alta revolvendo semanalmente até que esteja pronto (Black et al., 2013). Análises laboratoriais mensurando principalmente os níveis de carbono e nitrogênio, pH e umidade auxiliam o produtor a tomar essa decisão (Black et al., 2013).

2.2.9 Custo de implantação

Outro benefício em relação a outros tipos de confinamento, relatado por Klaas et al. (2010) e Galama (2011), é que no CB há um menor custo de implantação.

Damasceno et al. (2012) fez o levantamento do investimento realizado em 42 barracões de CB instalados entre 2002 e 2011 nos EUA. Esse autor encontrou diferenças de custo de investimento total e por animal entre elas. Segundo ele, essa diferença se justifica pelos variados tipos de barracões, incluindo dimensões de camas, pista de alimentação concretada ou não, tipo e inclinação de telhado, custo de ventilação, entre outros.

No trabalho, o custo total do barracão variou entre US\$8.000,00 a US\$400.000,00. Outra diferença destacada nesse trabalho de Damasceno (2012) foi a taxa de lotação utilizada por cada sistema. Há sistemas com 8 m² por vaca a sistemas com 25,4 m² por vaca, o que influencia muito o valor do investimento por animal alojado, podendo distorcer bastante as comparações.

Segundo Bewley et al. (2012), estes custos de implantação apresentam variações porque os preços de concreto, aço e madeira variam. Outros fatores adicionais de custo, como, por exemplo, se o produtor utiliza mão de obra de fora para construir, ou não, interferem bastante no custo final do investimento.

Petzen (2009) mostrou que o custo por vaca alojada está diretamente relacionado à taxa de lotação que irá ser utilizado durante a utilização do sistema. Em seu estudo, o custo total de dois barracões, em 2006 e 2007, foi de US\$ 731.700,00, sendo que, dependendo da taxa de lotação utilizada, 7,43 vs 9,29 m² por animal, o custo por animal oscilou entre US\$ 1.988,00 e US\$ 2.489,00, respectivamente.

Bewley et al. (2012) mostraram valores entre US\$ 625 a US\$ 1.750,00 por animal alojado em CB nos EUA. Black et al. (2012) mostraram investimentos de US\$ 1051,00 +/- 407 por animal quando há pista de alimentação concretada, e de US\$493,00 +/- 196 para barracões sem pista de alimentação.

Trabalhos divulgados no Brasil por Neufeldt et al. (2014) mostraram custos de implantação de R\$ 422.000,00 para galpões com 2.000 m² e que comportam entre 160 e 180 animais, ou seja, R\$ 2.485,00 por animal alojado. Santos (2012) mostrou valores próximos a R\$ 2.000 por animal alojado também no Brasil.

Fazendo um comparativo de valores de investimento em sistema de CB e *free stall*, pode-se observar um menor investimento no primeiro sistema em relação ao segundo. Segundo Damasceno (2012), o CB tem menores custos de capital quando comparado ao *free stall* pelo fato de requerer menor quantidade de concreto e divisórias de camas. Relatos de Barberg et al. (2007), Black et al. (2012) e Janni et al. (2007) mostram que, embora alguns produtores precisem fazer uma base de concreto para reduzir a infiltração de nutrientes, os custos de investimento são menores em CB do que em *free stall*. Segundo os mesmos, no entanto, mais espaço por animal é necessário no CB em relação ao *free stall*.

De forma complementar, Gay (2009) justificou o menor investimento do CB em relação ao *free stall* por vaca alojada alegando um menor investimento em estruturas de armazenamento de dejetos, já que grande parte do mesmo fica armazenada na própria cama, e isso torna a estrutura mais barata.

Horner et al. (2007), comparando os valores de investimento de três tipos de sistema de produção, CB, *free stall* com cama de borracha e com cama de areia, encontraram US\$1.050,00, US\$1.950,00 e de US\$1.800,00 por vaca, respectivamente.

Em trabalho de Black e Bewley (2012), onde foi criada uma ferramenta para avaliar financeiramente o retorno de investimentos em alojamentos para vacas leiteiras, dois sistemas *free stall*, cama de borracha (MF) e areia (SF), resultaram em um valor presente líquido

negativo, enquanto o CB resultou em um valor presente líquido positivo (MF: - US\$ 109.074; SF: - US\$ 97.323; CBP: US\$ 23.532).

O CB resultou também na maior taxa de retorno sobre o capital investido (11%), menor *pay back* (5,77 anos) e menor capital empatado quando comparado a outros dois sistemas. O custo do investimento 40% menor e o aumento da eficiência zootécnica do CB, quando comparado ao SF e MF, justificam essa diferença nos resultados econômicos citados acima (Black e Bewley, 2012).

2.2.10 Possíveis limitações

Segundo alguns autores (Barberg et al., 2007a, Barberg et al., 2007b, Shane et al., 2010) os produtores estavam satisfeitos com o sistema CB, mas se mostravam preocupados com alguns pontos com o sistema de alojamento: fontes limitadas de cama, alto custo deste material e aumento do nível de poeira (cama seca) que pode criar problemas respiratórios aos animais.

Dificuldades no processo de compostagem em climas frios e úmidos também foram relatadas por Bewley, 2013.

Altos custos com reposição de cama em relação a outros tipos de confinamentos foram relatados por Horner et al. (2007). Os valores gastos por dia, em média, para reposição de cama em sistema de *free stall* com cama de areia, borracha e CB, foram os seguintes: US\$20,34/dia; US\$19,31/dia; US\$ 27,52/dia, respectivamente. Aumento do consumo e dos valores de energia elétrica também é relatado após a implantação do sistema.

3 ACOMPANHAMENTO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA COMPOST BARN: Um estudo de caso (Duas fazendas)

3.1 Metodologia (descrição das fazendas)

A avaliação da implantação foi realizada com base em alguns indicadores zootécnicos obtidos em duas propriedades leiteiras comerciais, localizadas no sul do estado de Minas Gerais. As características produtivas das fazendas analisadas estão sumarizadas nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Características do sistema de produção das fazendas avaliadas no estudo.

Descrição	Unidade	Fazenda 1	Fazenda 2
Localização	Município/Estado	Itamonte-MG	Cruzília-MG
Temperatura Média Anual	°C	18,9°	18,1°
Pluviosidade Média Ano	mm	1.484	1.544
Área própria	Hectare	30	200
Área arrendada	Hectare	8	0
Valor de terra	R\$/hectare	R\$ 12.000,00	R\$18.000,00
Sistema de produção anterior ao CB	-	Semiconfinamento - animais alimentados em cocheira, mas soltos em piquetes o ano inteiro.	Semiconfinamento - animais alimentados em cocheira, mas soltos em piquetes o ano inteiro.
Grau de sangue predominante do rebanho	-	Holandês preto e branco (7/8 e 15/16 HOP/GIL)	Holandês vermelho e branco
Lactações dos animais corrigidas para 305 dias (antes do CB)	Litros/vaca/ano	6600	7600
Volumosos utilizados	-	Silagem de milho e feno	Silagem de milho e aveia, pré-secado, feno
Sistema de alimentação dos animais (antes do CB)	-	Dieta total	Dieta total
Tipo de ordenha	-	Mecânica, sistema canalizado, linha baixa, 04 conjuntos, sem extrator automático.	Mecânica, sistema canalizado, linha baixa, 06 conjuntos, com extrator automático.
Armazenamento do leite	-	Tanque de refrigeração 4.000 litros	Tanque de refrigeração 5.000 litros
Número de ordenha/dia (antes do CB)	-	02	03 (dependo da época do ano e produção das vacas)

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Tabela 5. Características relacionadas ao sistema de CB implantado nas fazendas.

Descrição	Unidade	Fazenda 1	Fazenda 2
Implantação do CB	Mês/Ano	Fevereiro/2014	Março/2015
Largura do barracão	Metros	12	14
Comprimento barracão	Metros	80	90
Área total	M ²	960	1260
Taxa de lotação	M ² / vaca	12	12,6
Capacidade de suporte da instalação	N ^o Cabeças	80	100
Pista de alimentação concretada		Não	Não
Tipo de material utilizado na cama		Serragem	Serragem
Volume de material para Iniciar o Sistema CB (30 cm de início)	M ³	290	380
R\$ investido em material para iniciar o sistema	R\$	7.800,00	11.400,00
Manejo de reposição de cama	Período	Quinzenal	Mensal
Quantidade repostada	cm	5	10
Custo por animal alojado de reposição de cama	R\$/mês	30,00	37,80
Números de revirada da cama diária	Revirada /dia	2	2
Implemento utilizado para revirada	Tipo	Subsolador (2 x por dia) e Rotativa (2 x por semana)	Subsolador (2 x por dia) e Rotativa (2 x por dia)
Ferramentas de Gerenciamento da cama		Termômetro	-
Frequência de Análises Laboratoriais da Cama	N ^o /ano	3	1
Troca total da Cama no Período do estudo	N ^o	0	1

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

O acompanhamento dos resultados zootécnicos foi dividido em indicadores produtivos (produção total de leite e produção média por vaca), reprodutivos (taxa de observação de cio, taxa de concepção e taxa de prenhes) e qualidade de leite (Contagem de Células Somáticas e Contagem Bacteriana Total de tanque de refrigeração).

Com foco na questão econômica, foi realizado um levantamento do valor investido por cada uma das fazendas para alojar as vacas.

3.2 Avaliações zootécnicas

3.2.1 Indicadores produtivos

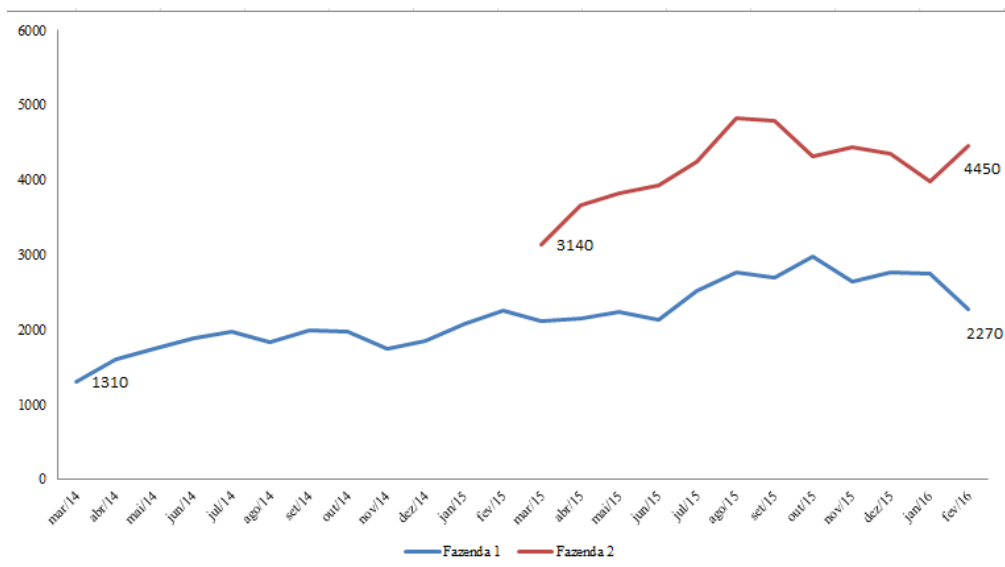
3.2.1.1 Produção total de leite e produção de leite média por vaca por dia

As produções totais de leite foram obtidas através da contabilidade de todo o leite produzido pela fazenda nos dias das pesagens de leite mensal e ou quinzenal. Nele estão contabilizados o leite fornecido ao laticínio mais o leite fornecido para bezerras e para consumo interno das fazendas.

Para a produção de leite por vaca/dia, foram obtidos dados a partir dos controles leiteiros mensais realizados nas próprias fazendas e lançados no software de gestão dos rebanhos trabalhados - Ideagri®. Foram utilizados medidores eletrônicos de fluxo de leite da marca Delaval nas duas fazendas.

Para a fazenda 1, foram utilizadas as médias mensais entre março de 2014 (primeiro mês pós implantação) e fevereiro de 2016. A partir de agosto de 2015 (período pós CB), a fazenda 1 optou por ordenhar 65% das suas vacas em lactação 3 vezes ao dia, pois estes animais estavam bastante aleitados. Já para a fazenda 2, período pós-implantação entre março de 2015 e fevereiro de 2016.

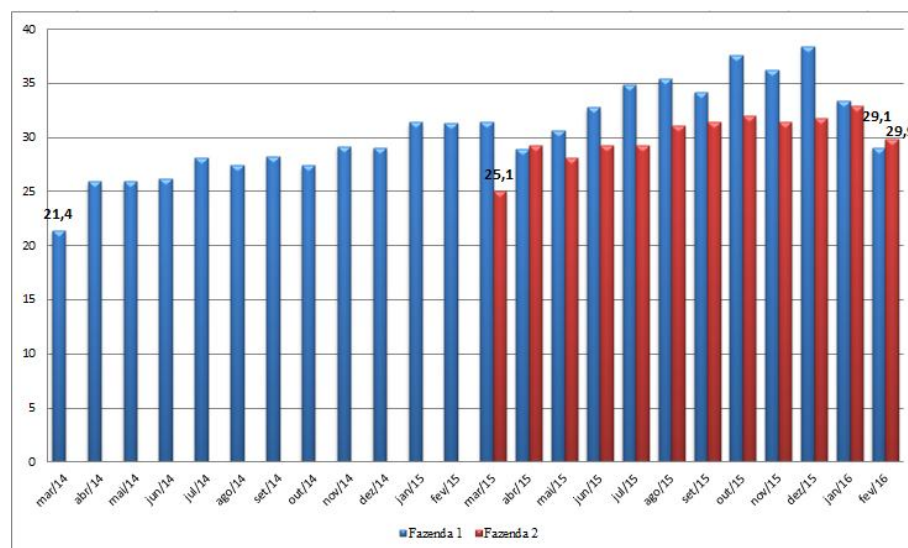
A figura 6 mostra a evolução na produção de leite diária nas duas fazendas, sendo que o aumento entre março de 2014 e fevereiro de 2016 para a Fazenda 1 foi de 73%, passando de 1.310 litros por dia para 2.270 litros diários 24 meses após a implantação do sistema. Já para a Fazenda 2, o aumento foi 42% nos primeiros 12 meses pós implantação do CB.



Fonte: Dados da pesquisa (2014/2015/2016).

Figura 6. Evolução da produção diária de leite total (litros por dia) das Fazendas 1 e 2 após a implantação do CB.

A média de produção das vacas em lactação por dia era de 21,4 litros na entrada dos animais no CB na Fazenda 1 e alcançou 29,1 litros em fevereiro de 2016, aumento de 36%. Na Fazenda 2, a média diária passou de 25,1 para 29,9 litros após 12 meses das vacas alojadas no CB, representando um aumento de 19% (figura 7).



Fonte: Dados da pesquisa (2014/2015/2016).

Figura 7. Evolução das médias de produção de leite por vaca dia (litros /vaca/dia) ao longo dos meses do ano, após a implantação do sistema CB nas Fazenda 1 e 2.

Fazendo um comparativo entre as duas fazendas, observa-se que ambas tiveram um aumento na produção de leite total quanto no aumento da produtividade dos animais do momento da entrada dos animais no CB até fevereiro de 2016. Esse ganho produtivo foi maior na Fazenda 1 em comparação à Fazenda 2 pelo fato da primeira apresentar um pior manejo no sistema de semi confinamento antes da implantação do CB. A Fazenda 1, antes da implantação do sistema de CB, se apresentava mais limitada em termos de espaço e manejo do que a Fazenda 2. Assim sendo, a partir do momento em que se melhorou o manejo, o saldo do ganho foi maior.

Acredita-se que esse aumento de produção nas duas fazendas esteja diretamente relacionado ao aumento do conforto e bem-estar dos animais e também a melhorias na saúde da glândula mamária (redução da CCS).

3.2.2 Indicadores reprodutivos

A definição dos índices reprodutivos avaliados após a entrada dos animais no sistema CB são descritas a seguir.

Taxa de concepção: porcentagem de vacas que ficaram prenhes em relação ao número de vacas que foram inseminadas a cada 21 dias.

Taxa observação de cio: porcentagem de vacas que apresentam cio em relação ao total de vacas aptas a serem inseminadas a cada 21 dias.

Taxa de prenhez: porcentagem de vacas que ficaram prenhes em relação ao número de vacas aptas a ficarem prenhes. Calculando este índice é possível saber a velocidade com que as vacas foram emprenhadas.

Para a Fazenda 1, o período pós-implantação avaliado foi entre os dias 01/03/14 a 31/12/2015 (período limite da coleta de dados). No caso da Fazenda 2, o período de acompanhamento pós-CB foi considerado entre os dias 01/03/2015 a 29/02/2016. As avaliações dos indicadores reprodutivos foram realizadas a partir dos dados coletados do software de gestão dos rebanhos trabalhados - Ideagri®.

Em relação aos dados reprodutivos, a figura 8 mostra que ambas as fazendas alcançaram bons índices de taxa de prenhez após a implantação do CB, quando comparado as médias Brasil (12%) (citações nacionais) e americanas (17%) (Ferguson, 2001). A Fazenda 1

obteve melhor taxa de prenhez no período avaliado do que a Fazenda 2. Essa diferença pode ser creditada à maior eficiência em termos de observação de cio dos animais (49% vs 39,7%, respectivamente).

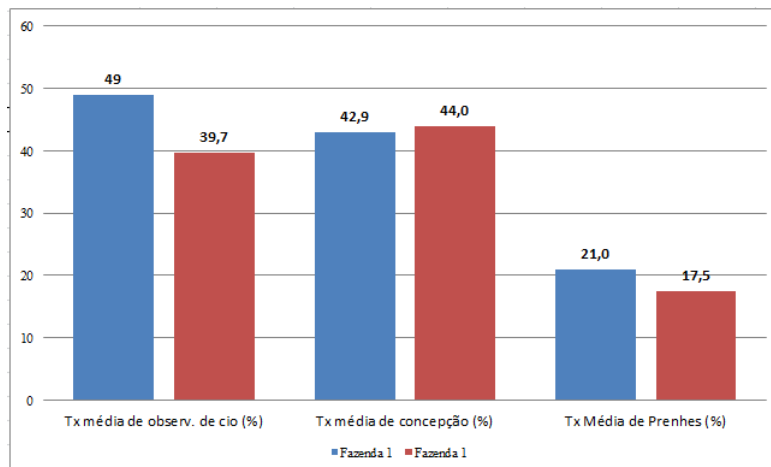


Figura 8. Indicadores reprodutivos avaliados nas Fazendas 1 e 2 pós implantação do CB

A taxa de observação de cio elevada pode ser devida ao fato de que as vacas se sentem mais seguras sobre a cama de compostagem e, desta forma, manifestarem de forma mais evidente o cio conforme foi concluído por Phillips e Schofield (1994). O fato de que no sistema de CB as vacas tendem a ter uma melhor saúde de casco, possibilita que manifestem o cio de forma mais exacerbada. A melhoria do conforto e bem estar das vacas após a implantação do CB pode também ter ajudado as fazendas a alcançar estes resultados acima da média nacional.

Em relação aos dados reprodutivos, é importante citar que as fazendas mesmo antes de migrarem para o sistema CB já tinham controle através de vacinas e exames frequentes das principais doenças que afetam a eficiência reprodutiva: Leptospirose (vacinas a cada 6 meses); IBR e BVD (vacinações anuais); Brucelose (vacinações das fêmeas entre 3 e 8 meses de idade e exames sorológicos nos animais acima de 24 meses uma vez ao ano). Além disso, são fazendas que se preocupam com a nutrição dos animais e tem um acompanhamento efetivo e de qualidade deste setor, com análises da qualidade dos alimentos, boas práticas no processo de armazenamento, controle do fornecimento, ajustes periódicos e análises de leite (sólidos e nitrogênio ureico), além de inspeções diárias dos animais. Essas ações também contribuem positivamente no sentido de buscar melhorias na reprodução.

3.2.3 Qualidade do leite

Os parâmetros de qualidade acompanhados após a implantação do CB foram: contagem bacteriana total (CBT) e contagem de células somáticas (CCS) do leite do tanque de refrigeração das fazendas, durante 12 meses.

Para realizar a avaliação de qualidade de leite da Fazenda 1, para todos os itens acima, considerou-se as médias das análises de leite do tanque de refrigeração por mês, sendo considerado o período 01/03/2014 a 28/02/2015 como pós-implantação. Todas as análises desta fazenda foram realizadas no laboratório da Clínica do Leite da Esalq-USP (credenciado junto ao CGAL/MAPA na Rede Brasileira de Controle de Qualidade do Leite), sob responsabilidade operacional do laticínio Danone a coleta das amostras e o envio.

Para realizar a avaliação de qualidade de leite da Fazenda 2, considerou-se a média de duas análises de leite do tanque de refrigeração por mês no período 01/03/2015 a 29/02/2016 o período pós-implantação. Todas as análises desta fazenda foram realizadas no laboratório da Clínica do Leite- Esalq-USP, sob responsabilidade operacional da Cooperativa dos Produtores Rurais de Santa Rita do Sapucaí (Cooperita) a coleta das amostras e o envio.

Nas figuras 9 e 10 são apresentadas as evoluções dos resultados de CCS e CBT das fazendas.

Em relação a CCS, as duas fazendas nos 12 meses pós implantação do CB apresentaram tendência (linha alaranjada do gráfico) de queda no resultado do tanque de refrigeração, mostrando que parece haver melhoria na saúde de glândula mamaria dos animais ao longo do período avaliado.

Já em relação a CBT do tanque de refrigeração, na Fazenda 1 é possível perceber uma tendência de redução nos resultados e na Fazenda 2 houve uma tendência de se manter os resultados ao longo dos 12 meses pós implantação do CB.

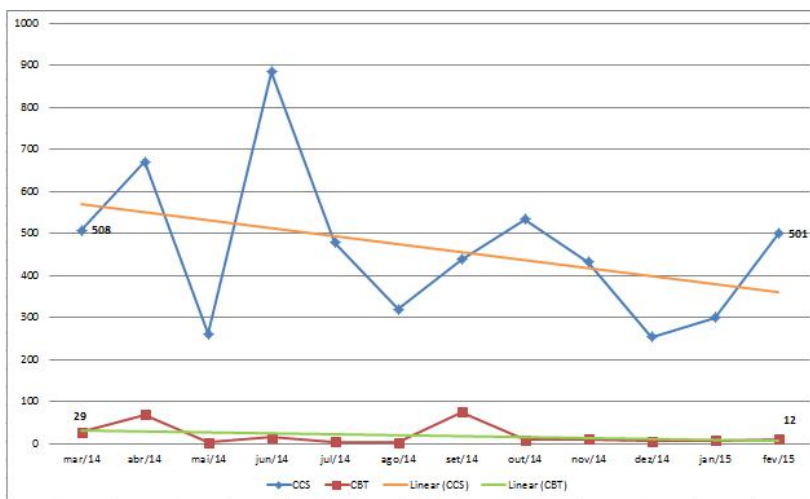


Figura 9. Evolução da CCS e CBT da Fazenda 1 - 12 meses após a implantação do sistema CB.

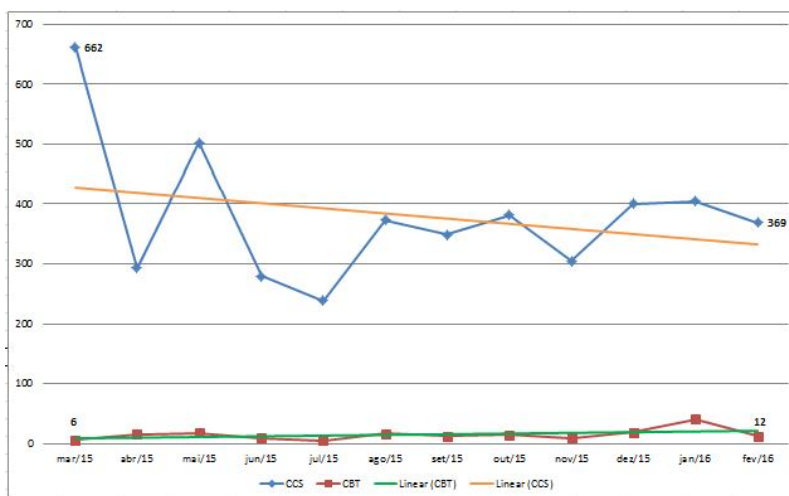


Figura 10. Evolução da CCS e CBT da Fazenda 2- 12 meses após a implantação do sistema CB.

Essas tendências de reduções em termos de CCS e CBT do tanque de refrigeração parecem estar relacionadas à redução do desafio de ambiente e consequente melhoria da condição de higiene das vacas antes da ordenha e pela melhoria no sistema imune das vacas promovida pelo ambiente mais confortável.

Outro ponto importante é que para se obter bons resultados na qualidade do leite, as fazendas com o sistema CB precisam ter um excelente manejo da cama (conforme citado na revisão de literatura e na descrição das fazendas analisadas) e um alto nível de higiene no momento da ordenha (procedimentos de ordenhas padronizados e bem realizados). Além disso, controles mensais de CCS individual e cultivo microbiológico dos animais, como forma

de auxiliar no gerenciamento, entendimento da dinâmica das possíveis doenças e tomada de decisão das fazendas.

3.3 Avaliações econômicas

3.3.1 Investimentos para implantação do CB

Os valores relativos ao investimento foram divididos nos seguintes cálculos: preparo do terreno (terraplanagem); estrutura metálica (incluindo mão de obra de montagem), cobertura do barracão (telhas), tubulação em geral (hidráulica e fechamentos laterais e frontais); mão de obra de pedreiro e servente (alvenaria); material de construção (alvenaria e pista de alimentação); material elétrico, equipamento para conforto animal (ventiladores, bebedouros, etc.); cama (material para compostagem); despesas financeiras (taxas bancárias, projeto do especialista); investimento em equipamentos para manejo do sistema (subsolador, trator, enxada rotativa) e outros custos. Esses dados de investimento foram coletados via nota fiscal e via orçamento das empresas responsáveis pelos serviços. Todos foram lançados em planilha de Excel ao longo da implantação do sistema. Aspectos de acomodação dos animais, conforme figuras 11 e 12.



Figura 11. Aspecto de acomodação dos animais na Fazenda 1.



Figura 12. Aspecto de acomodação dos animais na Fazenda 2

O investimento da Fazenda 1 foi realizado entre 08/2013 e 02/2014, já o da Fazenda 2 foi realizado entre 08/2014 e 02/2015. Todos os valores foram corrigidos pelo IGP-DI para fevereiro 2016.

Os valores dos investimentos realizados para implantação dos sistemas nas Fazendas 1 e Fazenda 2 foram, respectivamente, R\$ 3.875,04 e R\$ 4.676,34 por animal alojado (valores corrigidos pela variação do índice IGP-DI para fevereiro 2016). Os itens de maior impacto neste custo final, na média dos dois sistemas avaliados, foram estrutura metálica (35,6%), terraplanagem (14,9%) e material para construção e equipamentos para conforto animal (ventiladores e bebedouros) responsável por 13,6% e 13,2% do capital investido, respectivamente, conforme tabela 6.

Tabela 6. Capital investido no CB em cada Fazenda avaliada.

Item	Fazenda 1	% Custo	Fazenda 2	% Custo	Valor Médio	% Custo Médio
Estrutura metálica	R\$ 96.837,78	31,2%	R\$ 180.202,00	38,5%	R\$ 138.519,89	35,6%
Terraplanagem	R\$ 65.707,91	21,2%	R\$ 50.230,84	10,7%	R\$ 57.969,37	14,9%
Material de construção	R\$ 43.686,23	14,1%	R\$ 61.728,12	13,2%	R\$ 52.707,17	13,6%
Equipamento para conforto animal	R\$ 48.737,88	15,7%	R\$ 53.858,62	11,5%	R\$ 51.298,25	13,2%
Mão de obra	R\$ 22.800,24	7,4%	R\$ 38.175,44	8,2%	R\$ 30.487,84	7,8%
Material elétrico	R\$ 8.910,02	2,9%	R\$ 22.101,57	4,7%	R\$ 15.505,79	4,0%
Outros custos	-	0,0%	R\$ 27.682,77	5,9%	R\$ 13.841,39	3,6%
Cama (serragem)	R\$ 8.983,73	2,9%	R\$ 14.957,63	3,2%	R\$ 11.970,68	3,1%
Equipamento manejo do sistema	R\$ 11.517,60	3,7%	R\$ 8.929,93	1,9%	R\$ 10.223,76	2,6%
Despesas financeiras	R\$ 2.821,81	0,9%	R\$ 9.767,11	2,1%	R\$ 6.294,46	1,6%
Valor total	R\$ 310.003,20		R\$ 467.634,00		R\$ 388.818,60	
Custo por animal alojado	R\$ 3.875,04		R\$ 4.676,34		R\$ 4.275,69	
Custo por animal alojado em US\$ **	US\$ 1107,00		US\$ 1336,00		US\$ 1.221,43	

OBS: Todos os valores corrigidos pelo IGP-DI para fevereiro 2016.

** Cotação utilizada para dólar (agosto 2016): R\$ 3,50

Fonte: Dados da pesquisa (2013 a 2015).

Pelos dados apresentados na tabela 6, é possível observar que os valores gastos para alojar cada animal na Fazenda 2 foi 20,7% maior do que para alojar na Fazenda 1. Esse fato ocorreu devido a um gasto maior da Fazenda 2 em termos percentuais do custo total nos itens: estrutura metálica (38,5% vs 31,5%); mão de obra (8,2% vs 7,4%); material elétrico (4,7% vs 2,9%); outros custos (5,9% vs 0,0%); cama (3,2% vs 2,9%) e despesas financeiras (2,1% vs 0,9%). Essa diferença no item “outros custos” ocorreu pelo fato de a Fazenda 2 ter incluído no seu projeto um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva. Nos outros itens, a Fazenda 1 foi mais eficiente na negociação e aquisição dos bens e serviços.

A Fazenda 2 foi mais eficiente do que a Fazenda 1 nos investimentos em terraplanagem devido à melhor topografia do local escolhido para construção do CB. Material de construção, equipamentos para conforto animal e equipamentos para manejo do sistema também foram mais baixos na Fazenda 2.

4 CONCLUSÕES

A implantação do sistema *Compost Barn* nas fazendas estudadas parece ter levado a um aumento de produção, melhorias na eficiência reprodutiva e na qualidade do leite no período pós-implantação analisado. Acredita-se que o aumento do conforto dos animais aliado à uma melhor higiene no ambiente das vacas foram os fatores fundamentais para a evolução dos resultados.

São necessários investimentos relativamente altos para a implantação do sistema, mas quando comparados a outros sistemas de confinamento, tornam-se competitivos.

Pela complexidade e devido à interação de um grande número de variáveis, sugere-se que estudos mais detalhados e com período maior de avaliação sejam realizados para compreender como o sistema se comportará em longo prazo.

Quanto às possíveis limitações e desafios do sistema *Compost Barn*, considerando a experiência adquirida quando da avaliação dos sistemas acompanhados, alguns pontos devem ser ressaltados. A cama bem manejada é fundamental para o sucesso na implantação. Para isso, é necessário o manejo frequente de reposição de material (quinzenal ou mensal), respeitar a taxa de lotação (10 a 12 m²) e praticar o manejo diário de revirada (no mínimo 2 vezes). O custo e a disponibilidade de material de boa qualidade para a cama pode ser objeto de preocupação entre os produtores que utilizam o sistema *Compost Barn* (R\$ 30,00 a R\$ 38,00 por animal alojado por mês).

A questão climática tem grande interferência nesse processo, sendo o período de clima frio e úmido o menos favorável para manter a cama em condições adequadas. A ventilação artificial também é outro fator importante, pois se mostra fundamental na manutenção do conforto animal e no auxílio na secagem da cama. Mas essa ventilação artificial consome normalmente bastante energia elétrica, o que pode trazer impactos significativos nos custos de produção. Sendo assim, deve ser item de grande atenção no projeto de implantação do CB.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARMSTRONG, D.V.; HILLMAN, P.E.; MEYER, M.J.; SMITH, J.F.; STOKES, S.R.; HARNER, J.P. Heat stress management in freestall barns in the western U.S. In: Proceeding. Western Dairy Management Conference. p. 87-95, 1999.
2. ASTIZ, S.; SEBASTIAN, F.; FARGAS, O.; FERNÁNDEZ, M.; CALVET, E. Enhanced udder health and milk yield of dairy cattle on compost bedding systems during the dry period: A comparative study. *Livestock Science*, v. 159, 161–164, 2014.
3. BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; SALFER, J. A.; RENEAU, J. K. Performance and Welfare of Dairy Cows in an Alternative Housing System in Minnesota. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 3, 1575-1583, 2007 .
4. BEFFA, T. 2002. The composting biotechnology: a microbial aerobic solid substrate fermentation complex process. The composting process and management, Compag Technologies International. Available at: <http://www.compag.ch>.
5. BERNAL, M. P.; LOPEZ-REAL, J. M.; SCOTT, K. M. Application of natural zeolites for the reduction of ammonia emissions during the composting of organic wastes in a composting simulator. *Bioresource Technology*, v. 43, p. 35–39, 1993.
6. BEWLEY J., TARABA, J., DAY, G., BLACK R., DAMASCENO F. Compost Bedded Pack Barn Design: Features and Management Considerations. Disponível em: <https://www.uky.edu/bae/sites/www.uky.edu/bae>. Acesso em: 28/07/2015.
7. BLACK, R. A. Compost Bedded Pack Barns: Management Practices and Economic Implications. 2013. 223f. Mestrado em Animal and Food Sciences - University of Kentucky. Disponível em: <http://uknowledge.uky.edu/cgi>. Acesso em: 28/08/2015.
8. BLACK, R.A.; TARABA, J.L.; DAY ,G.B.; DAMASCENO, F.A.; BEWLEY, J.M. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. *Journal of Dairy Science*, v. 96, n. 12, 8060-74, 2013.

9. BROUK, M. J.; SMITH, J. F.; HARNER, J. P. Fan placement and heat stress abatement in four-row freestall barns.
10. CHANGIRATH, S.; HALBACH, T. R.; DORFF, R. 2011. Media and Media Mix Evaluation for Dairy Barn Compost Bedding Systems. Department of Soil, Water and Climate. Available at: <http://www.soils.um.edu/>. Accessed 16 May 2012.
11. COOK, N. B., NORDLUND, K. V. The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. *The Veterinary Journal* 179 (2009) 360–369.
12. CWIN, 2006 <http://cwmi.css.cornell.edu/updatejune2006.pdf>. Acessado: 20/09/2016.
13. DAMASCENO, F. A. Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model. 2012. P. 391.
14. DAS, K. ; H. M. Keener. 1996. Process control based on dynamic properties in composting: Moisture and compaction considerations. Pages 117 - 125 in *The Science of Composting, Part 1*. M. de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes, and T. Papi, ed. Blackie Academic and Professional, London, United Kingdom.
15. ECKELKAMP, E. A.; GRAVATTE, C. N.; COOMBS, C. O.; BEWLEY, J. M. Characterization of lying behavior in dairy cows transitioning from a freestall barn with pasture access to a compost bedded pack barn without pasture access. *Professional Animal Scientist*, v. 30, n.1, 109-113, 2014.
16. ECKELKAMP, E. A.; TARABA, J.L.; AKERS, K.A.; HARMON, R.J; BEWLEY, J. M (2016). Sand bedded freestall and compost bedded pack effects on cow hygiene, locomotion, and mastites indicators. *Livestock Science*. 190:48-57, 2016.
17. EKINCI,K., H. M. KENNER, and D. AKBOLAT. 2006. Effects of feedstock, airflow rate, and recirculation ratio on performance of composting systems with air recirculation. *Bioresour. Technol.* 97(7):922-932.
18. EMBRAPA,2010 . Importância econômica da atividade Leiteira. In: *Sistemas de Produção de leite para diferentes regiões do Brasil*: Disponível em: <http://www.cnppl.embrapa.br/sistemaproducao/book/export/html/182>. Acesso em: 05/01/2016

19. ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. Compost Bedded Pack Barns for Dairy Cows. University of Minnesota - Extension, 2009: Disponível em: <http://www.extension.umn.edu/agriculture/dairy/facilities/compost-bedded-pack-barns/> Acesso em: 08/05/2012.
20. ENDRES, M.I; BARBERG, A.E.; SALFER, J.A.; RENEAU, J.K. Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 3, 1575-1583, 2007.
21. ENDRES, M.I; LOBECK, K.M.; JANNI, K.A.; GODDEN, S.M.; FETROW, J. Environmental characteristics and bacterial counts in bedding and milk bulk tank of low profile cross-ventilated, naturally ventilated, and compost bedded pack dairy barns. *Applied Engineering in Agriculture*, v. 28, n. 1, 117-128, 2012.
22. FREGONESI, J. A. and LEAVER, J. D. 2002. Influence of space allowance and milk yield level on behaviour, performance and health of dairy cows housed in strawyard and cubicle systems. *Livest. Prod. Sci.* 78(3):245-257.
23. FREGONESI, J. A.; VON KEYSERLINGK, M. A. G.; WEARY, D. M. Cow preference and usage of free stalls compared with an open pack area. *Journal of Dairy Science*, v. 92, v. 11, 5497-5502 , 2009.
24. FREGONESI, J. A; LEAVER, J. D. Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems. *Livestock Production Science*, v. 68, n. 2-3, 205-216, 2001.
25. GALAMA, P. Prospects for Bedded Pack Barns for Dairy Cattle. Wageningen, Netherlands: Wageningen UR Livestock Research, 2011. Publication 17, p.74.
26. GAY, S. W. Bedded-pack Dairy Barns. Virginia Cooperative Extension, 2009, publication 442-124. Disponível em: https://pubs.ext.vt.edu/442/442-124/442-124_pdf.pdf. Acesso em: 10/08/2015.
27. GRANT, R. 2007. Taking advantage of natural behavior improves dairy cow performance. Pages: 225-236 in Proc. Western Dairy Management Conf., Reno, NV.
28. GRUMMER, R.R. Strategies to improve fertility of high yielding dairy farms: management of the dry period. *Theriogenology* , v. 68, Supply. 1, 281-288, 2007.

29. GUIMARÃES, A.S.; MENDONÇA, L. C. Compost barn: um novo sistema para a atividade leiteira. IN: Embrapa, Informativo Técnico- Panorama do Leite- Ano 7, n 75, 7-8, 2015.
30. HALEY, D. B., J. RUSHEN, and A. M. de PASSILLÉ, 2000 . Behavioural indicators of cow comfort: Activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. *Can. J. Anim. Sci.* 80(2): 257-263.
31. HORNER, J., R.; MILHOLLIN, V. PIERCE, A.; Schmidt, J.; ZULOVICH, C.;FULHAGE, B.; STEPHENS, S.;POOCK, J. A.; LORY, and R. RICKETTS, 2007. Feasibility of dairy development in southeast Missouri. Southeast Missouri Dairy and Beef Steering Committee, Columbia, MO. Accessed January 15, 2013. <http://dairy.missouri.edu/dairylinks/sedairy/index.htm>
32. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2014, Prod. Pec. munic., Rio de Janeiro, v. 42, p.1-39, 2014.
33. JANNI, K. A.; ENDRES, M. I.; RENEAU, J. K.; SCHOPER, W. W. Compost dairy barn layout and management recommendations. *Applied Engineering in Agriculture*, v.23, n. 1, 97-102, 2007.
34. JASPER, D.E. , Prevalence of mycoplasmal mastitis in the western states. *California Vet*, 34 (1980), pp. 24–26
35. JERIS, J. S. and R. W. Regan. 1973. Controlling environmental parameters for optimum composting. *Compost Sci.* 14:10-15.
36. KADER, N. A. E., P. Robin, J.-M. Paillat, and P. Leterme. 2007. Turning, compacting and the addition of water as factors affecting gaseous emissions in farm manure composting. *Bioresour. Technol.* 98(14):2619-2628.
37. KLAAS, I. C.; BJERG B. S.; FRIEDMANN, S.; BAR, D. Cultivated barns for dairy cows: An option to promote cattle welfare and environmental protection in Denmark *Dansk Veterin*, v. 93, n.9, 20-29, 2010.
38. LINDEROTH, S. Monitor your herd's pregnancy rate. 2011. Disponível em: <http://www.dairyherd.com/dairy-resources/Monitor-your-herds-pregnancy-rate-122938328.html> Acesso em: 01/08/2015.

39. LOBECK, K. M.; ENDRES, M.I.; SHANE, E.M.; GODDEN, S.M.; FETROW, J. Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest. *Journal of Dairy Science*, v. 94, nº. 11, 5469-5479, 2011.
40. MILKPOINT (2013). Cai o número de produtores de leite do país. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/cadeia-do-leite/giro-lacteo/cai-o-numero-de-produtores-de-leite-do-pais-85477n.aspx>. Acesso em: 25/09/2014
41. MILKPOINT (2015). Os 100 maiores produtores de leite do Brasil: levantamento top 100. Disponível em: <http://www.milkpoint.com.br/top100/2015/EBOOK-TOP100.pdf>. Acesso em: 25/09/2014
42. MISRA, R. V., R. N. Roy, and H. Hiraoka. 2003. On-farm composting methods. Food and Agriculture Organization, United Nations, Rome, Italy.
43. NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICES (NRCS), 2010. Part 637 Environmental Engineering, National Engineering Handbook, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.
44. NEUFELDT, C.; RIBEIRO, I. C.; IANK, L.; PEREIRA, J. R. A. Comparativo para implantação de um confinamento em sistema *free stall* versus compost barn. 2014. Disponível em: http://www.milkpoint.com.br/mypoint/253066/p_comparativo_para_implantacao_de_um_confinamento_em_sistema_free_stall_versus_compost_barn_sistemas_de_criacao_confinamento_free_stall_compost_barn. Acesso em: 25/08/2015.
45. NORMAN, H. D.; COOPER, T. A.; ROSS, F. A. Somatic cell counts of milk from Dairy Herd Improvement herds during 2010. AIPL Research Report, SCC12 (2-11), Animal Improvement Programs Laboratory, Agricultural Research Service, 2010. Disponível em: <https://www.cdcb.us/publish/dhi/dhi11/scrpt.htm>. Acesso em: 29/10/2015.
46. NRAES. 1992. On-farm composting handbook. NRAES-54. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, NY.
47. PETZEN, J.; WOLFANGER, C.; BONHOTAL, J.; SCHWARZ, M.; TIMOTHY, T.; YOUNGERS, N. Eagleview compost dairy barn - case study. Farm viability institute,

2009. Disponível em: <http://cwmi.css.cornell.edu/eagleview.pdf>. Acesso em: 22/05/2015.
48. PHILLIPS, C. J. C.; S. A. SCHOFIELD. 1994. The effect of cubicle and straw yard housing on the behaviour, production and hoof health of dairy cows. *Anim. Welfare* 3(1):37-44.
 49. RUSSELLE, M. P., K. M. Blanchet, G. W. Randall, and L. A. Everett. 2009. Characteristics and nitrogen value of stratified bedded pack dairy manure. *Crop Mgmt.* 10.1094/CM- 2009-0717-01-RS.
 50. SANTOS, M.V. Compost Barn: Uma alternativa para o confinamento de vacas leiteiras. 2012. Disponível em: http://www.milkpoint.com.br/mypoint/6239/p_compost_barn_uma_alternativa_para_o_confinamento. Acesso em: 04/07/2015
 51. SCHULZE, K. L. 1961. Relationship between moisture content and activity of finished compost. *Compost Sci.* 2(2):32-34.
 52. SHANE E.M., ENDRES M.I., JANNI K.A. Alternative Bedding materials for Compost Bedded Pack Barns in Minnesota : A descriptive study *Applied Engineering in Agriculture* 26(3):171–179. 2010
 53. SOMERS,J.G; FRANKENA,K.,NOORDHUIZEN-STASSEN, METZ,J.H.M . Prevalence of Claw Disorders in Dutch Dairy Cows Exposed to Several Floor Systems. *Journal Dairy Science*, Volume 86, Capítulo 6 , Junho de 2003.2082-2093.
 54. STENTIFORD, E. I. 1996. Composting control: principles and practice. Pages 49 - 59 in *The Science of Composting, Part 1*. M. de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes, and T. Papi, ed. Blackie Academic and Professional, London, UK.
 55. STOCK, L.A.; CARNEIRO, A.V.; CARVALHO, G.R.; ZOCCAL, R.; MARTINS, P.C.; YAMAGUCHI, L.C.T. Sistemas de produção e sua representatividade na produção de leite no Brasil. In: *Reunião da Associação Latino-americana de Produção Animal*, 2008, Cuzco. Anais, ALPA. 17-18.
 56. SULER, D. J. and M. S. Finstein. 1977. Effect of temperature, aeration, and moisture on CO₂ formation in bench-scale, continuously thermophilic composting of solid waste. *Appl. Environ. Microbiol.* 33(2):345-350.

57. USDA 2009 e 2012: U.S. Department of Agriculture, National Agriculture Statistics Service (March 2009). "Milk Cows and Production Estimates 2003-2007". Retrieved 2011-01-30.
58. VIVA LÁCTEOS - Associação Brasileira de Laticínios, 2015. Disponível em: <http://vivalacteos.org.br/estatisticas-do-setor>. Acesso em: 15/05/2015
59. WAGNER, P. E. 2002. Bedded pack shelters. <http://crbh.psu.edu/das/research-extension/dairy/dairy-digest/articles/beddedpack-shelters>.
60. WELLS, G. D. 2004. Dairy Barn Ventilation - Exhaust Fan Systems. University of Vermont Extension . Available at: www.uvm.edu/extension.
61. ZOCCAL, R. Municípios Campeões de Leite. Revista Balde Branco, Abril de 2014. Disponível em: <http://baldebranco.com.br/layout/leiteemnumeros1704.html>. Acesso em: 04/05/2015.