

BALANCE NUTRICIONAL

para incrementar proteína láctea

Introducción

En la actualidad hay un gran interés en la búsqueda de una mayor eficiencia en los sistemas de producción de leche, lo que invariablemente requiere el aumento de la producción promedio por animal y el aumento de la productividad global. Recientemente, la búsqueda de un mayor contenido de sólidos en la leche ha aumentado, con especial interés en la proteína, que es el componente de mayor valor para la industria lechera.

La composición química de la leche puede variar debido a diversos factores como la raza, el número de ordeños, la lactancia, el estado nutricional de la vaca, el alimento, la temperatura, la edad, la aparición de trastornos metabólicos y las enfermedades, entre otros factores. Los cambios en la composición química de la leche puede cambiar su valor como materia prima industrial, por eso diferentes programas de bonificación para mejorar los índices de grasa, proteína, recuento de células somáticas e infecciones bacterianas son adoptadas por las procesadoras de leche en todo el mundo.

La nutrición es la manera más eficaz para lograr cambios rápidos en la composición de la leche, con el fin de obtener el contenido de sólidos requeridos por los estándares del sector. Entre los componentes de la leche, la grasa y las proteínas son los más susceptibles a los cambios derivados de la manipulación dietética (Santos, 2000). Por ejemplo, un simple cambio de la relación entre el forraje y el concentrado en la dieta puede alterar el contenido de grasa de leche en más del 15% (Mattos y Pedroso, 2005). Los cambios observados en la fracción proteica de la leche por la manipulación de la dieta no son tan marcados como las observadas en el contenido de grasa, pero los aumentos de hasta 0,15 a 0,20 unidades de porcentaje en proteínas de la leche se puede lograr al realizar un correcto equilibrio de energía, proteínas y aminoácidos en la dieta.

Sin embargo, las correlaciones entre los nutrientes de la dieta y la síntesis de los sólidos en la leche no son simples, por lo que

Alexandre Mendonça Pedroso

Ingeniero Agrónomo -
Escuela Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz
Maestría en Ciencias Animales
Doctorado en Ciencias Animales
Consultor Técnico en producción
de rumiantes
ampedros@esalq.usp.br
Brasil

Flavio Augusto Portela S.

Escuela Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz

Mariana Pompeo Camargo G.

Escuela Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz

el aumento de un componente en particular en la dieta no se traduce necesariamente en un incremento de este componente en la leche (Sutton, 1989). A menudo, el mayor consumo de ciertos alimentos conduce a un aumento de sólidos, con un incremento en el volumen de leche, de modo que la composición sigue siendo la misma.

El potencial para alterar la composición de la leche a través de la nutrición ha sido objeto de varias revisiones (Sutton, 1989; Ashes et al., 1997; Santos, 2000). Pocos estudios se han realizado en los sistemas basados en pastoreo, por lo que aún se sabe poco sobre los posibles cambios en la composición de la leche, especialmente en proteína, en vacas en pastoreo con forrajes tropicales.

La producción de leche en pasturas tropicales

La alimentación de las vacas lecheras puede representar hasta un 80% de los costos de producción de leche, por lo que es imperativo buscar programas de alimentación eficaces, que demanden menos mano de obra e inversión, y que también resulten en un menor impacto negativo en el medio ambiente (Matos, 1997). En este sentido, la producción de leche basada en pastoreo es una opción muy interesante.

El uso de los pastos tropicales para la producción de leche se caracteriza por un alto potencial de materia seca (MS) por las gramíneas forrajeras, pero con base en los diversos datos encontradas en la literatura sobre la composición bromatológica, composición morfológica y la estructura de la planta, se pueden observar limitaciones en el rendimiento de las vacas lecheras que están en estos pastos (Balsalobre, 1996).

Los sistemas intensivos de producción de leche en pastoreo requieren la aplicación de técnicas adecuadas de manejo del pastoreo para optimizar la producción, la cosecha y la eficiencia de la utilización del forraje por los animales (Silva y Pedreira, 1996). Esto depende del cumplimiento de los requisitos básicos como la salud, la comodidad y la suplementación de nutrientes deficientes en el forraje de los animales, para satisfacer las necesidades nutricionales de estos en un determinado nivel de producción (Campbell, 2005, Santos et al., 2005).

De acuerdo con Muller y Falles (1998), el potencial de la producción lechera de las vacas que exclusivamente comen gramíneas templadas es de 25 a 30 kg de leche por vaca-1 día-1, pero en pastos tropicales los resultados han sido más modestos. Santos et al. (2004) revisaron la literatura sobre la producción y composición de la leche de va-

cas criadas en los sistemas de producción basados exclusivamente en pastos tropicales. El valor promedio de la producción de leche obtenido fue de 9,10 kg de leche por día-1, con una variación entre 5,0 a 13,7 kg de leche/día -1. Los niveles promedio de grasa, proteína y sólidos totales fueron 3,9, 3,2 y 12,38 respectivamente.

El principal factor que limita la producción de leche en vacas alimentadas con pastos tropicales no es el contenido de energía o proteínas de estas plantas. La capacidad limitada para el consumo de la MS del forraje parece ser el factor predominante (Santos et al., 2005). El consumo de MS del forraje que pastan las vacas que se encuentran exclusivamente en pasturas tropicales es en promedio 2,34% del peso, con un pico de 2,8%, según datos revisados por Santos et al. (2003).

Según el Consejo Nacional de Investigación (NRC por sus siglas en inglés) (2001) para una vaca de 520 kg de leche peso vivo (PV), con producción de 3,8% de grasa y 3,2% de proteína bruta (PB), el consumo de 12,2 kg MS de pasto (2.34% PV) con 16% de PB y 63% total de nutrientes digestibles (NDT), suple la energía neta y la proteína metabolizable para producir 11 kg de leche. El consumo de 17 kg de MS de los forrajes supliría las necesidades de ener-

gía y proteína para producir 20 kg de leche. El incumplimiento en el consumo de forrajes tropicales en tal magnitud plantea retos para los investigadores, consultores y productores de lácteos, con el fin de mejorar las prácticas de manejo y pastoreo de animales para maximizar el consumo de forraje y la producción de leche.

La cuestión de la proteína de la leche en vacas en pastoreo de pastos tropicales

La fracción proteica de la leche se compone de caseína 80% y 20% de proteína de suero de leche y es sintetizada por la glándula mamaria a partir de precursores que llegan al torrente sanguíneo. Los aminoácidos son los principales precursores utilizados en la síntesis de proteínas, de modo que el contenido proteico de la leche depende directamente del perfil de aminoácidos absorbidos desde el intestino del animal.

Factores nutricionales que afectan el contenido de proteínas de la leche

Como muestra Sutton (1989) cambios en el contenido de proteínas de la leche también se puede lograr mediante la manipulación dietética, pero de

una magnitud inferior a los posibles cambios en el contenido de grasa, por una variedad de razones. En primer lugar la variación natural posible es mucho más pequeña y también los factores dietéticos que influyen en esta variable no son completamente conocidas. Por otra parte, el interés de la industria en la manipulación de proteínas de la leche es más reciente, por lo que la literatura en ese tema no es tan amplia como sí lo son los estudios en relación con el contenido de grasa de la leche. Los factores básicos que afectan a la síntesis de proteínas de la leche tampoco son tan conocidos como los de la síntesis de grasa.

Pero a pesar de estas dificultades, algunos factores relacionados con las dietas se han estudiado en los últimos años. En la actualidad, la proteína es el más valioso de todos los componentes de la leche. El aumento en el contenido de proteína aumenta el ingreso real de la leche industrial, principalmente para la fabricación del queso, y mejora la eficiencia de la utilización de nitrógeno por las vacas lecheras.

Síntesis de proteínas de la leche

La disponibilidad de aminoácidos para la síntesis de proteínas por la glándula mamaria se determina por su absorción intestinal. A mayor concentra-

ción de aminoácidos absorbidos, habrá más sustrato para la síntesis de caseína y proteínas de suero de leche (Pereira, 2004). Las moléculas de proteínas no son más que una secuencia predeterminada de los aminoácidos. En este orden de ideas, si una cadena de aminoácidos falta, la síntesis de la cadena no está completa. En las dietas típicas de las vacas lecheras, con base en harina de maíz y soya; los aminoácidos más limitantes son lisina, metionina y fenilalanina.

Los aminoácidos que llegan al duodeno para la absorción provienen de: 1) la proteína en la dieta que pasa por la fermentación ruminal intacta (la proteína no degradable en rumen, llamada PNDR), 2) la proteína microbiana (PMic) producida en el rumen y 3) algunas proteínas de origen endógeno. Proporcionar proteínas no-degradables es una manera de aumentar la disponibilidad de los aminoácidos en el duodeno, pero para que estos aminoácidos disponibles en el duodeno sean eficaces en el aumento de la proteína en la leche deben tener buena digestibilidad en el intestino.

Proteínas de la dieta y proteínas de la leche

Como se mencionó anteriormente, el contenido proteíni-



co de la leche depende de los aminoácidos absorbidos por el animal en el intestino delgado (ID), que es la relación directa del total de aminoácidos de la proteína metabolizable (PM), disponible en el ID. Se sabe que el 50% o más de este grupo de PM se compone del PMic, que es considerada la fuente más importante de proteínas de alto valor biológico (Santos, 2000). Por lo tanto, la maximización del PMic es un punto clave para mejorar la síntesis de proteínas de la leche.

Los microorganismos del rumen requieren para su síntesis, además de proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas. En situaciones de vacas que pastan en los pastos de alta calidad y gran contenido de proteínas, la principal forma de aumentar el contenido proteínico de la leche será a través de la suplementación de concentrados energéticos que propician el crecimiento microbiano (Bargo et al., 2003). Santos et al. (2010) hicieron una compilación de 39 trabajos que evaluaron la composición de la leche de las vacas en pastoreo, 28 en sistemas de pastoreo en las zonas tropicales y 11 en regiones templadas. Los datos muestran que, tanto para los pastoreos en las zonas tropicales como en las templadas, la concentración de proteínas en la leche varía un poco cuando las vacas son suplementadas con concentrado. Sin embargo,

la producción de proteína tiende a aumentar significativamente con la suplementación, así como la producción la leche (kg.día⁻¹).

Theurer et al. (1995) y Santos et al. (1998) hicieron una extensa revisión frente a los efectos de las proteínas de la dieta sobre el contenido proteínico de la leche. Theurer et al. (1995) sugieren que el aumento del contenido en proteínas de la dieta, manteniendo el contenido de energía, tiene poco efecto sobre la síntesis de proteínas de la leche. Cuando el nivel de proteína en la dieta se relaciona con un aumento en la producción de proteína en la leche, este efecto parece estar asociado con un aumento de la producción total de leche, no un aumento en el contenido de proteína en la leche.

Emery (1978), citado por De Peters & Cant (1992), afirma que por cada unidad de incremento porcentual en el contenido de proteína cruda (PC) de la dieta, el contenido proteínico de la leche aumentó un 0,02%, a condición de que el PC no se deriva urea, lo que significa que el aumento del contenido de PC (sin urea) de la dieta de 16 para 19%, lo que resulta en un aumento de 0,06% en contenido de proteínas de la leche. Santos et al. (1998) examinaron 136 comparaciones en las que se reemplazó la harina de soya (fuente de proteína pa-

trón de alta degradabilidad ruminal) por las diferentes fuentes de PNDR, de 88 estudios con vacas en lactancia. En 129 comparaciones en las que se informó del contenido de proteínas de la leche, la sustitución de la harina de soya por las fuentes de PNDR disminuyó el contenido de proteínas de la leche a los 28, no tuvo efecto en 95 y dio lugar a un aumento de sólo seis casos. En ese mismo estudio, la sustitución de una fuente de proteína verdadera por urea redujo la concentración de proteína de leche en cinco casos, no tuvo efecto en 17 y aumentó en sólo una comparación.

El PMic es barato, tiene excelente perfil de aminoácidos y es de buena digestibilidad post-ruminal. Cuando la síntesis de proteína microbiana del rumen está maximizada, es posible obtener la entrada de la PM al animal a través de la suplementación con fuentes de proteína de alta en el PNDR, siempre que estas fuentes tengan un perfil adecuado de aminoácidos (Pereira, 2004). De todas formas, el máximo PMic es esencial para producir leche con alto contenido de proteína. Las dietas que proporcionan 11 a 13% de la MS en forma de proteína degradable en rumen (PDR), con una buena fuente de PNDR perfil de aminoácidos (AA) que complementa la de PMic, proporcionar las condiciones para el suministro

de AA para la síntesis proteínicas de la leche es maximizada (Santos, 2000).

Aminoácidos limitantes

En cuanto al perfil de aminoácidos se conoce que la mayoría de los AA limitantes para la producción de leche son la lisina y la metionina. Dos importantes estudios, citados por Santos (2000), Rulquin et al. (1995) y Schwab (1996), tienen valores óptimos para estos AA con el fin de maximizar la síntesis de proteínas en la glándula mamaria (GM).

Schwab (1996) dice que las concentraciones de lisina y metionina representan el 15 y el 5% del flujo total de los AA esenciales en el duodeno, lo que significa mantener una relación de 3:1 entre ellos.

Rulquin et al. (1995) tienen un enfoque ligeramente diferente sobre las concentraciones de lisina y la metionina con el monto total de la PM, por lo que el aumento de las concentraciones de AA representan el 7,2 y el 2,5%, respectivamente, de la cantidad total de PM en ID. Sin embargo, la relación propuesta entre el AA es 2,9:1, muy cerca de la relación propuesta por Schwab (1996).

Por lo tanto, mantener una relación de alrededor de 3:1 entre la lisina y la metionina es ideal en términos de sín-

tesis de proteínas de la leche, pero no es fácil de lograr con las fuentes convencionales de los alimentos. Se requeriría la utilización de fuentes protegidas de AA de esta relación fue alcanzado. De todos modos, el tratamiento nutricional debe tener siempre esta relación como una referencia para maximizar la síntesis de proteínas de la leche.

El principal objetivo de equilibrar los aminoácidos es cumplir con el requisito de proteína metabolizable para lograr la producción y composición de la leche deseada con un mínimo requerido dieta de proteína cruda. Los resultados de la investigación y el trabajo de campo indican claramente que el balance de aminoácidos puede ser una excelente oportunidad para aumentar de forma significativa el contenido en proteínas de la leche, manteniendo e incluso aumentando la producción de leche (Overton et al., 1996; Schwab y Ordway, 2004; Lundeen, 2007; Patton, 2009; Schwab & Foster, 2009,).

En la mayoría de las granjas lecheras en Brasil, las deficiencias de la metionina son más pronunciadas y, no pocas veces, la falta de lisina en la dieta, ya que el suplemento de la proteína principal es la harina de soja, que es baja en metionina pero tiene contenido lisina interesante. Por lo tanto, para hacer el balance de AA en estas dietas, es imprescindible

incluir una fuente de metionina protegida de la degradación en el rumen.

Ingestión de energía y proteína en la leche

De todos los factores dietéticos que influyen en la síntesis de proteínas de la leche, la energía es sin duda el más importante. En general, aumentos en el contenido energético de la dieta resultan en aumento de la síntesis de proteínas de la leche y una mayor concentración de proteínas en la leche (Santos, 2000). Sin embargo, no todas las fuentes de energía son capaces de aumentar la síntesis de proteínas, como sucede con la grasa, por ejemplo, en la que su oferta por lo general provoca una reducción de la proteína de la leche (Wu & Huber, 1994).

La forma más común de alterar el contenido de energía de las dietas de vacas lecheras es el cambio en la relación forraje / concentrado, pero esto se logra con el uso de más forraje digestible o con el aumento de la degradabilidad de las fuentes de carbohidratos no fibrosos (CNF). Sutton (1989) revisó varios estudios en los que el incremento de la concentración dio como resultado un aumento en el contenido de proteínas de la leche, pero las razones de este efecto no fueron del todo



claras. El autor ha tenido en cuenta un posible efecto específico de la concentración de propionato mayor con dietas ricas en concentrado.

Griinari et al. (1997) muestran que la relación entre el consumo de contenido de energía y proteína de la leche puede explicarse, en parte, por el mayor consumo de AA en el ID como resultado de una mayor producción de PMic, estimulado por la mayor concentración de energía dietética. Los efectos de la energía también pueden estar asociados con cambios endocrinos que afectan el uso de AA por GM, como el aumento en los niveles de insulina circulante.

Santos (2000) informa de que diferentes estudios realizados en la Universidad de Arizona, que proporcionan fuentes de degradabilidad CNF superior a las vacas, mostraron un incremento en el uso de AA por GM como resultado de los aumentos en la concentración de insulina circulante. Por lo tanto, se sugirió que los mecanismos por los que el aumento de la concentración de energía alimentaria provoca un aumento de la síntesis de proteínas de la leche son:

- Aumentar la disponibilidad de aminoácidos limitantes, suministrado por el aumento del flujo hacia el duodeno de PMic.

- Mayor concentración molar de propionato en el rumen.
- Aumento de la liberación de glucosa por los tejidos esplénicos.
- Niveles más altos de insulina en plasma.
- Incremento del uso de AA por GM.

Grasa y proteína de la leche

Wu & Huber (1994) hicieron una excelente revisión de los efectos de suplementación de grasa sobre el contenido de proteína de la leche y observaron que, en general, el uso de suplementos de grasa aumenta la producción de leche, pero causa una reducción en el contenido de proteína leche. Los autores recopilaron los resultados de 49 ensayos con 83 comparaciones entre las fuentes, con o sin adición de grasa, a la dieta típica de las vacas lecheras y han propuesto diferentes hipótesis para explicar la caída en la concentración de proteínas de la leche. Ellos concluyeron que, en parte, la reducción el nivel de proteína se debe a un efecto de dilución debido al aumento de la producción total de leche, pero la razón principal para el menor contenido de grasa podría estar vinculada a una menor disponibilidad de AA para GM, estimulada por la suplementación de grasas.

Con el suministro de fuentes de grasa, la síntesis de novo de ácidos grasos disminuye en GM, debido a la incorporación directa de los ácidos grasos de la dieta de la leche. Eso llevará a una menor necesidad de acetato y una mayor disponibilidad de glucosa para la síntesis de la lactosa, que está estrechamente relacionado con el aumento de la producción de leche o la eficiencia de la producción de leche, lo que resulta en menor flujo sanguíneo a GM. Vacas que pueden producir leche de manera más eficiente requieren menos litros de sangre por kilogramo de leche producida. Este menor flujo de sangre reduce, en última instancia, la disponibilidad de AA a la GM, que conduce a una menor síntesis de proteínas de la leche.

Schroeder et al. (2004) recompilaron datos de 18 tratamientos con 25 comparaciones entre las dietas de vacas lecheras a pastoreo. Ellos confirmaron las conclusiones de Wu & Huber (1994) y también encontraron otros aspectos importantes relacionados con el tema. Los autores concluyeron que la suplementación con grasas tiene un efecto positivo en la producción de leche de vacas que consumen pasturas de alta calidad, pero que las respuestas a los complementos son muy dependientes del tipo de grasa y de la etapa de lactancia de las vacas.

El mayor crecimiento en la producción de leche se obtuvo con las fuentes de grasas saturadas y vacas en lactancia media en comparación con las vacas en lactancia temprana. El aumento de la producción parece estar más relacionado con la eficiencia de uso de la energía que el consumo de energía obtenido por la suplementación con grasa. El contenido de grasa de leche se incrementó por el suplemento de grasa saturada, pero se redujo con el uso de fuentes de grasa insaturada, probablemente debido a una inhibición de la síntesis de novo de ácidos grasos en GM. El contenido de proteína de la leche disminuyó con la suplementación de grasas, aunque este efecto parece estar más asociado a un efecto de dilución, debido a la mayor producción de leche.

Balance de las dietas para aumentar el contenido proteínico de la leche

La literatura internacional es bastante coherente con lo que se refiere a las respuestas en el equilibrio de aminoácidos en las dietas para vacas lecheras confinadas, alimentadas con dietas con ensilaje de maíz y alfalfa como forraje principal. Infortunadamente no es la misma consistencia de los datos de las vacas en pastoreo. Los principios para balan-

cear la dieta de las vacas por los aminoácidos no cambia de acuerdo con el sistema de producción, pero sin duda el reto es mayor a medida que el principal alimento de las vacas es pasto. Hay varios factores que contribuyen al equilibrio de los aminoácidos no siempre con éxito, sobre todo en vacas alimentadas con pastos (Patton, 2009).

Cuando las vacas consumen grandes cantidades de forraje verde de alta calidad, gran parte del nitrógeno utilizado por los microorganismos del rumen proviene de este forraje. Este es un aspecto muy positivo, pero contribuye a la comprensión de las necesidades de aminoácidos de estas vacas se dificulte, ya que gran parte de la fuente de nitrógeno de los forrajes es de origen no proteica. Otro problema que dificulta el éxito del balance de aminoácidos es el hecho de que una mayor oferta de AA a los animales no se traduce en un mayor flujo de AA a la glándula mamaria, ya que gran parte de las fracciones de proteína de la dieta puede ser utilizado como fuente de energía. Esto es más crítico para las vacas en lactancia tardía, ya que alrededor del 50% de la energía utilizada por el feto viene de AA.

Un problema que se deriva también de la naturaleza de los rumiantes es en función de síntesis microbiana del rumen,

y consiguiente uso de derivados de AA por las vacas lecheras, los requisitos de AA de estos animales terminan siendo objeto de un cierto grado de interpretación. El NRC (2001) muestra los requisitos de AA como un porcentaje de la de proteína metabolizable, que en el pastoreo del ganado está compuesto principalmente de proteína de origen microbiano.

De todos los problemas reportados, la cuestión más complicada es el consumo. Sólo puede hacerse el balance de AA si la cantidad real de consumo de materia seca se conoce. Esto es muy complicado en términos de pastoreo. Por todas estas cuestiones, es evidente que el reto que representa para los nutricionistas que desean equilibrar las dietas de vacas en pastoreo de AA es inmenso.

Incluso con todas las dificultades, es posible tener éxito. Un buen comienzo es seguir los pasos sugeridos por Schwab & Foster (2009):

1. La dieta de las vacas debe estar basada en una mezcla de forrajes de alta calidad y las fuentes de carbohidratos no fibrosos, con el fin de facilitar el consumo máximo y cumplir con los requisitos para la fibra físicamente efectiva.
2. El contenido de PDR en la dieta debe ser suficiente

para satisfacer las necesidades de los microorganismos del rumen para AA y el amoníaco. Los excesos deben ser evitados;

3. Trate de lograr un nivel de lisina en la proteína metabolizable que sea lo más cerca posible a la concentración óptima de cada modelo nutricional.
4. Proporcionar una fuente de metionina protegida ruminal, en cantidad suficiente, para obtener una relación óptima entre la lisina y la metionina en la proteína metabolizable - variable según el modelo nutricional.
5. Evite el exceso de proteína no degradable en rumen (PNDR).

Cuando se trata de vacas en pastos tropicales, sin duda la clave del proceso es la estimación de la ingesta de pasto. Este es el punto de mayor variación entre los que pueden afectar el resultado del balance de AA. También es necesario invertir tiempo y esfuerzo para que el forraje producido sea de alta calidad, dado el impacto que tiene sobre el desempeño de las vacas. La ingesta abundante de forraje de alta calidad es el punto más importante para alcanzar el éxito con el equilibrio de las dietas de vacas lactantes de aminoácidos.

Conclusiones

El balance por AA no es una tarea sencilla cuando las vacas se mantienen en sistema de pastoreo. El consumo estimado de forraje, entre otros factores, dificulta la labor de los nutricionistas, pero hay una gran oportunidad para desarrollar ese tema. Hay diferentes informes de los aumentos en la producción de leche y proteína de la leche de vacas que pastan cuyas dietas fueron correctamente balanceadas. Por otra parte, esta técnica puede ser una buena alternativa para reducir el impacto ambiental de nitrógeno excretado por las vacas, ya que dietas balanceadas por AA suelen tener menor contenido de proteína. Es fundamental el esfuerzo de los productores, técnicos y especialistas en nutrición para comprender mejor los factores que afectan la respuesta de las vacas que pastan, al modificar su dieta en un intento de lograr un mejor flujo de AA a la glándula mamaria, y obtener así una mayor eficiencia de uso del nitrógeno de la dieta y mejor eficiencia productiva.

Referencias bibliográficas

- ASHES, J. R.; GULATI, S. K.; SCOTT, T. W. Potential to alter milk fat through nutrition. In: *Journal of Dairy Science*. Vol. 80, no.9 (1997) ; p. 2204-2212.
- BALSALOBRE, M. A. A. Desempenho das vacas em lactação

sob pastejo rotacionado de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). 1996 139 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

- BARGO, F. et al. Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. In: *Journal of Dairy Science*. Vol. 86 (2003) ; p. 1-42.
- BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. In: *Livestock Production Science*. Vol. 70, no.1-2 (2001) ; p.15-29.
- BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. In: *Annual Review of Nutrition*. Vol. 23 (2003) ; p. 203-227.
- CHANDLER, P. Achievement of optimum amino acid balance possible. In: *Feedstuffs*. Vol. 61, no. 26 . P.14.
- DE PETERS, E. J.; CANT, J. P. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: a review. In: *Journal of Dairy Science* . Vol. 75 (1992) ;p. 2043-2070.
- FREDEEN, A. H. Considerations in the nutritional modification of milk composition. In: *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 59, no.1-3 (1996) ; p. 185-197.
- GRIINARI, J. M.; BAUMAN, D. E. and CASTAÑEDA-GUTIERREZ, E. "New concepts regarding milk fat manipulation." In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO LEITE. (1: 2004: Passo Fundo,

- RS.). Memórias. Passo Fundo, Brasil, 2004. Anais – CD/ROM.
- GRIINARI, J. M. et al. The role of insulin in the regulation of milk protein synthesis in dairy cows. In: Journal of Dairy Science.
- KENNELLY, J. J. Producing milk with 2,5% fat – the biology and health implications for dairy cows. In: Animal Feed Science and Technology. Vol. 60, no.3-4 (1996) ; p. 161-180.
- LARSON, B. L. Biosynthesis and cellular secretion of milk. Ch. 4. In: LARSON, B. L. ed., Lactation. The Iowa State University Press, Ames, 1985. p. 129-163.
- LUNDEEN, T. Market advises amino acids balance. In: Feeds-tuffs. Vol.79, no.51 (2007) ; p. 12-15.
- MATOS, L.L. Produção de leite a pasto. In: CAMPOS, O.F; LIZIEIRE, R.S.; FIGUEIREDO, E.A. Simpósio Sobre Tópicos Especiais em Zootecnia, 1997, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: SBZ, 1997. P.169-193.
- MATTOS, W. R. S.; PEDROSO, A. M. "Influência da nutrição sobre a composição de sólidos totais no leite." In: SANTOS, F. A. P.; MOURA, J. C.; FARRIA, V. P. eds., Visão Técnica e Econômica da Produção Leiteira. – Anais do Simpósio sobre Bovinocultura Leiteira. (5: 2005). Memórias. Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", Piracicaba/SP, 2005. P. 103 - 128.
- MULLER, L. D. and S. L. FALLES. Supplementation of cool-season grass pastures for dairy cattle. In: CHERNEY, J.H. and CHERNEY, D.J.R. Grass For Dairy Cattle. Oxon: CAB International, 1998. 335 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7 ed. rev. Washington: National Academy Press, 2001. 381 p.
- PATTON, R. A. "The strategic use of ruminally protected amino acids in dairy nutrition." In: 20 th Florida Ruminant Nutrition Symposium. Gainesville, 2009 - p.39-51.
- PEREIRA, M. N. "Proteína não degradável no rúmen e síntese de proteína no leite." [Online]. Disponível en Internet: <<http://www.milkpoint.com.br/?noticiaID=20978&actA=7&areaID=61&secaoID=176>>. Milkpoint, 2004.[Acessado em Agosto 27 2010].
- SANTOS, F. A. P. et al. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: A 12-year literature review. In: Journal of Dairy Science. Vol. 81, no.12 (1998) ; p. 3182-3213.
- SANTOS, F.A.P. et al. Utilização da suplementação com concentrado para vacas em lactação mantidas em pastagens tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITEIRA. (5: 2005: Piracicaba-SP). Anais... Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 219-294.
- SANTOS J. E. P. "Feeding for milk composition." In: International Congress on Bovine Medicine (6: 2000: Santiago de Compostela). Memórias. Santiago de Compostela: Spanish Association of Specialists in Bovine Medicine (ANEMBE). 2000.
- SCHROEDER, G. F. et al. Effects of fat supplementation on milk production and composition by dairy cows on pasture: a review. In: Livestock Production Science. Vol. 86, no.1 (2004) ; p.1-18.
- SCHWAB, C. G.; FOSTER, G. N. "Maximizing milk components and metabolizable protein utilization through amino acid formulation". In: Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. (71: 2009: Ithaca). Memórias. 2009. P. 1-15.
- SCHWAB, C. G.; ORDWAY, R. S. "Balancing diets for amino acids: implications on production efficiency and feed costs". In: Penn State Dairy Cattle Nutrition. Grantville. 2004. P. 1-24.
- SUTTON, J. D. Altering milk composition by feeding. In: Journal of Dairy Science. Vol.72, no. 10 (1989) ; p.2801-2814.
- THEURER, C.B.; HUBER, J.T. and SANTOS, F.A.P. Feeding and managing for maximal milk protein. In: Southwest Nutrition Management Conference. Tucson: University of Arizona, 1995. P. 59-67.
- WU, Z.; HUBER, J.T. Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows: a review. In: Livestock Production Science. Vol. 39, no. 2 (1994) ; p. 141-155.

