

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA  
Colegiado dos Cursos de Pós-Graduação**

**NÍVEIS DE BETA-GLUCANOS EM DIETAS DE LEITÕES  
DE 21 A 60 DIAS DE IDADE**

**CLARA BANDEIRA SILVA MENDES**

**MINAS GERAIS  
BELO HORIZONTE  
2008**

**CLARA BANDEIRA SILVA MENDES**

**NÍVEIS DE BETA-GLUCANOS EM DIETAS DE LEITÕES DE  
21 A 60 DIAS DE IDADE**

*Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.*

**Área de concentração: Nutrição Animal  
Orientador: Prof. Dalton de Oliveira Fontes**

**Belo Horizonte  
Escola de Veterinária – UFMG  
2008**

M538n Mendes, Clara Bandeira Silva, 1982-  
Níveis de Beta-glucanos em dietas de leitões de 21 a 60 dias de idade / Clara Bandeira Silva Mendes. – 2008.  
33 p.: il.

Orientador: Dalton de Oliveira Fontes  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária  
Inclui bibliografia

1. Leitão (Suíno) – Alimentação e rações – Teses. 2. Suplemento alimentar – Teses.  
3. Dieta em veterinária – Teses. 4. Nutrição animal – Teses. I. Fontes, Dalton de Oliveira.  
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.408 5





Aos meus pais, maiores alicerces da minha existência.  
À Maria (*in memoriam*), eterno exemplo de amor e de amizade.

**Com muito carinho,  
dedico este trabalho.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, sempre luz, conforto e proteção na minha vida.

Aos meus pais agradeço o amor sem limites, os ensinamentos transmitidos e o apoio dedicado em cada passo meu. À minha irmã Tetê, por ser meu maior exemplo e ao Aldemar, pela constante alegria irradiada. Ao meu irmão Lu agradeço a torcida discreta. Ao Samuel agradeço as orações e o amor que plantou em mim através da música. À ‘Mãe-Tia Weida’, pela proteção e pela torcida incondicional. Aos queridos Tio Afrânio, Tia Lourdes Maria e Larisse agradeço toda a força e cumplicidade em minha defesa. Aos amados Chico, Zezinho e Joca, pela inspiração, amizade e bagunças.

Ao professor Dalton de Oliveira Fontes agradeço a oportunidade, a orientação, a amizade e a confiança. Aonde quer que eu vá, o levarei comigo...

Ao “irmão” e praticamente co-orientador Roniê agradeço a confiança, o incentivo e o apoio sem medidas. Espero, um dia, retribuir tudo isso. Ao professor Roberto Guedes agradeço todo o auxílio e interesse demonstrados com o projeto. À amiga Gerusa, pela disponibilidade nas análises estatísticas e pela revisão do texto. Obrigada de coração!

Aos amigos que escolhi irmãos: Cláudio, Carlos, Gabriel, Luísa, Pedro e Tati. Obrigada pela convivência alegre, pelos conselhos e por todas as demonstrações de carinho e de socorro na ausência de nosso “pai”.

Bá, Bruninha e Felipe, mais que colegas de sala e de profissão, vocês são eternos em minha vida. Obrigada por existirem e me perdoem a ausência em tantos momentos. À Júlia agradeço de coração por me ensinar um novo estilo de vida e por tantos momentos agradáveis e felizes que construímos juntas.

Aos queridos “nozes” Analice, Bernardo, Dri, Fred Caputo, Geisi, Lucas, Marco Túlio e Tácio agradeço a torcida e a amizade que me impulsionaram (e ainda impulsionam) a encontrar dias melhores.

À família Rossi de Moraes, de Uberlândia, agradeço a atenção dispensada e as lições de vida e de amor sem medida. Todas as dificuldades que passamos juntos me tornaram com certeza uma pessoa melhor. Obrigada por fazerem parte da minha história!

Ao Amaral e ao Ronaldo, pedrinhas de força e coragem fundamentais ao projeto e à minha vida, agradeço todo carinho e respeito que me acolheram na Fazenda Boa Esperança. Obrigada pelos tantos momentos descontraídos, pelos ensinamentos, pela paciência e pela amizade que construímos. Vocês estarão para sempre em meu coração! Aos funcionários da Fazenda Boa Esperança: Adão, Adjalma, Clésio, Gaspar, Lázaro, Léo, Pacau, Paulo, Vander, Zé e ‘Zé Caroca’. Agradeço a confiança, o respeito e a disposição em trabalharem comigo. Pela diversão no baralho e no forró, nos doces improvisados e na alegria de cantar e de viver. Ao Sr. Agostinho e à Angélica agradeço a oportunidade de realizar o projeto na Fazenda Boa Esperança e o acolhimento nos meses que convivemos.

Ao Laboratório de Membranas Excitáveis do ICB, em especial à Carol e ao Laboratório de Patologia da Escola de Veterinária, em especial à Juliana, por todo trabalho dispensado nas análises.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Escola de Veterinária da UFMG, em especial ao colegiado de pós-graduação em Zootecnia, pelo suporte.

À empresa Biorigin agradeço a confiança e o auxílio na execução do projeto.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho... Muito obrigada!

---

## SUMÁRIO

---

	<b>RESUMO</b>	9
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	10
<b>2.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</b>	12
2.1	Fisiologia do trato digestório de leitões desmamados	12
2.2	Prebióticos	14
2.2.1	Mecanismos de ação	14
2.2.2	Beta-glucanos	15
2.2.2.1	Efeitos da utilização de beta-glucanos sobre desempenho e resposta imune	15
2.2.2.2	Efeitos da utilização de beta-glucanos sobre a atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD)	17
2.2.2.3	Efeitos da utilização de beta-glucanos sobre a morfometria intestinal	18
<b>3.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	19
3.1	Local e instalações	19
3.2	Animais e delineamento experimental	19
3.3	Dietas e manejo alimentar	19
3.4	Desempenho	21
3.5	Resposta imune	22
3.6	Análise da atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD)	22
3.7	Morfometria intestinal	23
3.8	Análises estatísticas	23
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	23
4.1	Desempenho dos animais	23
4.2	Atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD)	26
4.3	Resposta imune	27
4.4	Morfometria intestinal	29
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	30
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	30

---

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1.	Composição centesimal das rações no período de 28 a 35 dias de idade	20
Tabela 2.	Composição centesimal das rações no período de 35 a 49 dias de idade	20
Tabela 3.	Composição centesimal das rações no período de 49 a 60 dias de idade	21
Tabela 4.	Níveis de beta-glucano na ração sobre o peso aos 35 dias (PF), ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD) e conversão alimentar (CA) de suínos de 21 a 60 dias de idade	24
Tabela 5.	Efeito dos níveis de beta-glucanos na ração sobre a atividade da enzima SOD	26
Tabela 6.	Efeito de diferentes níveis de beta-glucano sobre a densidade ótica (DO) pelo teste de ELISA em diferentes tempos	27
Tabela 7.	Efeito de diferentes níveis de beta-glucanos sobre a porcentagem de inibição pelo teste de ELISA em diferentes tempos	27
Tabela 8.	Efeito dos níveis de beta-glucanos sobre a altura de vilosidade e profundidade de cripta no duodeno de leitões	29
Tabela 9.	Efeito dos níveis de beta-glucanos sobre a altura de vilosidade e profundidade de cripta no jejuno de leitões	29



---

### LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1.	Efeito dos níveis de beta-glucano na ração sobre o peso final de suínos entre 21 e 60 dias de idade.....	25
Figura 2.	Efeito dos níveis de beta-glucano na ração sobre o ganho de peso diário de suínos entre 21 e 60 dias de idade.....	25
Figura 3.	Atividade da enzima SOD de acordo com os tratamentos com beta-glucanos para leitões de 21 a 60 dias de idade.....	27
Figura 4.	Densidade ótica pelo teste de ELISA em diferentes níveis de beta-glucanos em diferentes tempos.....	28
Figura 5.	Porcentagem de inibição pelo teste de ELISA em diferentes níveis de beta-glucanos em diferentes tempos.....	28

---

### LISTA DE ABREVIATURAS

---

CA	Conversão Alimentar
Con A	Concavalina A
CRD	Consumo de Ração Diário
DTPA	Ácido Dietilenotriaminopentacético
GPD	Ganho de Peso Diário
FOS	Frutoligossacarídeos
GOS	Glucoligossacarídeos
IGF-I	Fator de Crescimento semelhante à Insulina 1
IGF-II	Fator de Crescimento semelhante à Insulina 2
IL-6	Interleucina 6
IL-10	Interleucina 10
LPS	Lipopolissacarídeo
MOS	Mananoligossacarídeos
PHA	Fitohemaglutinina
SOD	Superóxido Dismutase
TNF- $\alpha$	Fator de Necrose Tumoral $\alpha$

## RESUMO

Realizou-se um experimento com 1.500 animais distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso com cinco tratamentos: controle, 60, 120, 180 e 240 gramas de beta-glucano por tonelada de ração. Foram analisadas as variáveis ganho de peso diário, peso final, consumo de ração diário e conversão alimentar nos períodos de 21 a 35, 21 a 49 e 21 a 60 dias de idade. Houve aumento linear significativo do peso final e do ganho de peso diário de leitões suplementados com beta-glucano na ração dos 21 aos 60 dias de idade. A inclusão de 240 gramas de beta-glucano por tonelada de ração proporcionou um aumento no peso final de 800 gramas, o que corresponde a um aumento de 3,2% em relação aos animais do grupo controle. O ganho de peso diário foi 4,7% superior para o grupo dos animais tratados com 240 gramas de beta-glucano por tonelada de ração. Não se observou efeito significativo dos tratamentos sobre o consumo de ração diário, conversão alimentar, atividade da enzima superóxido dismutase, resposta imune nem sobre a morfometria intestinal (altura de vilosidade e profundidade de cripta).

**Palavras-chave:** beta-glucano, desempenho, sistema imune, enzima superóxido dismutase, morfologia intestinal.

## ABSTRACT

*One experiment was realized with 1,500 animals distributed in experimental blocks at random with five treatments: control, 60, 120, 180 and 240 grams of beta-glucan per ton of feed. The analyzed variables were daily weight gain, final weight, daily feed consumption and feed conversion in periods of 21 to 35, 21 to 49 and 21 to 60 days old. We noticed a significantly linear increase in the final weight and the daily weight gain of piglets supplemented with beta-glucan in the diet of 21 to 60 days old. The inclusion of 240 grams of beta-glucan per ton of feed provided a final weight increase of 800 grams, which corresponds to an increase of 3.2% compared to the control group. The daily weight gain was 4.7% higher for the group of animals treated with 240 grams of beta-glucan per ton of feed. There was no significant treatment effect on the daily consumption of feed, feed conversion, activity of the superoxide dismutase enzyme, immune response or on the intestinal morphology (height of villosity and depth of crypt).*

**Keywords:** *beta-glucan, performance, immune system, superoxide dismutase, intestinal morphology.*

## 1. INTRODUÇÃO

Na produção de suínos a fase de creche tem sido considerada um período crítico para os leitões. Isto se deve a vários fatores estressantes que ocorrem simultaneamente em função do desmame. Estes fatores relacionam-se, principalmente, com a separação dos leitões da mãe, troca de ambiente, idade ao desmame e mudança na alimentação, de dieta líquida para dieta sólida.

Para o animal jovem, o desmame significa a perda da mãe, do grupo social já estabelecido e do ambiente conhecido. As profundas alterações sociais e ambientais relacionadas ao desmame em suínos se manifestam freqüentemente numa parada no crescimento durante o período pós-desmame, resultando em perdas econômicas significativas para a indústria (McCracken *et al.*, 1995). A separação prematura da mãe é geralmente acompanhada por uma série de comportamentos que refletem estresse (Hohenshell *et al.*, 2000). Mesmo suprindo as necessidades de crescimento dos leitões, as dietas especializadas podem não contemplar a questão de bem-estar animal relacionada à separação prematura da mãe (Weary *et al.*, 1999).

O desmame dos leitões entre 21 e 28 dias de idade é atualmente uma prática comum em razão de permitir uma maior produtividade das matrizes (número de leitegadas por ano e número de leitões desmamados por porca por ano). O desmame nessa idade requer que uma série de necessidades dos leitões em termos de manejo, nutrição, ambiente e sanidade sejam atendidas. Inúmeras pesquisas têm evidenciado a necessidade do fornecimento de uma dieta com alta palatabilidade, digestibilidade e densidade nutricional aos leitões, no período pré-desmame e nos primeiros dias após o desmame para se conseguir um bom desempenho no período inicial (até cerca 30 kg de peso). As dietas mais adequadas para

leitões desmamados precocemente (21 dias) são as chamadas rações semi-complexas ou complexas em contraste com as rações simples, baseadas em grãos de cereais e farelo de soja. As rações semi-complexas contêm, além de cereais e soja, produtos lácteos, açúcar e gordura, enquanto as rações complexas são formuladas com níveis elevados de ingredientes de alto valor nutricional, incluindo leite em pó desnatado e integral, farinha de peixe, amido de milho, leveduras, plasma suíno seco, lactose, soja extrusada e aminoácidos sintéticos. A necessidade dos leitões em receber dietas mais complexas nesse período está relacionada com a fisiologia digestiva desses animais. Antes da desmama, a porca fornece aos leitões, via leite, uma dieta completa, balanceada e altamente digestível. O fornecimento de ração com baixo valor nutricional, pobre em energia, sem lactose e rica em carboidratos que o leitão ainda não consegue digerir, pode levar a uma perda de peso considerável, justamente por não conseguir ajustar seu hábito alimentar devido às mudanças bruscas dos nutrientes da dieta (Lima *et al.*, 1997).

O sistema digestivo dos leitões, na fase de creche, passa por modificações até que esteja apto a realizar a digestão de alimentos sólidos. Isso se deve a influência da idade sobre o sistema enzimático e sobre a estrutura do intestino delgado. Por ocasião da desmama, os leitões apresentam produção insuficiente de secreções digestivas para degradar compostos diferentes dos presentes no leite materno. Segundo Hampson (1986), as principais modificações estruturais no intestino, impostas pelo desmame, são os encurtamentos das vilosidades, indicativos de destruição de enterócitos e o aumento da lâmina própria, indicativo de aumento na profundidade das criptas, proliferação celular e imaturidade de enterócitos. A redução na área de absorção resulta em menor desenvolvimento enzimático e, conseqüentemente, diminuição no transporte de nutrientes (Riopérez *et al.*, 1991). Desta

forma, podem surgir alguns problemas como diarreia pós-desmame e doença do edema, que ocasionam prejuízos econômicos resultantes do aumento da taxa de mortalidade e redução no ganho de peso dos leitões.

Diante desses fatores estressantes, tem-se como desafio a busca de alternativas que mantenham a saúde do leitão e otimizem seu desempenho no período pós-desmame. E, como alternativa, destacam-se os aditivos alimentares que se mostram eficientes na melhora do desempenho de leitões.

Durante décadas, o uso de antibióticos em níveis sub-terapêuticos tornou-se prática rotineira como estratégia nutricional. Entretanto, o maior benefício associado ao uso de antibiótico na dieta está na redução da população bacteriana patogênica do trato gastrointestinal, o que resulta em melhor absorção, menos substrato para proliferação de organismos patogênicos e melhora na saúde do animal.

Por outro lado, atualmente, há preocupação crescente quanto ao uso de concentrações sub-terapêuticas dos antibióticos baseada na resistência de cepas bacterianas patogênicas ao homem. O desenvolvimento de resistência microbiana tem sido, geralmente, relacionado com o uso inadequado dos compostos antibióticos. Desta forma, chama a atenção a possibilidade dos alimentos tornarem-se possíveis veículos de microrganismos patogênicos. Existe hoje uma “pressão” crescente para proibir o uso dos antibióticos como promotores de crescimento. Estas proibições se devem à possibilidade do desenvolvimento de resistência bacteriana cruzada, que provocaria uma menor eficiência das substâncias à terapia (animal e humana) e à emergente exigência dos importadores por produtos livres de resíduos antibióticos (Soncini, 1999; Silva, 2000).

Uma alternativa para reduzir o uso de antibióticos na alimentação animal é buscar outros aditivos que tenham um efeito positivo, em especial, sobre a criação de leitões. Dentre os diversos aditivos, os prebióticos se destacam. Eles servem de alimento e estimulam o crescimento de diversas bactérias intestinais não-patogênicas.

Os prebióticos extraídos de leveduras, ricos em beta-glucanos, podem ter um importante papel na fase de creche, pois, ao inibirem a colonização de microrganismos indesejáveis no trato gastrointestinal, como *Escherichia coli*, e dificultarem a ação de metabólitos tóxicos que influenciam a fisiologia da mucosa, acabam por contribuir positivamente para saúde intestinal dos leitões (Gibson & Roberfroid, 1995). Conseqüentemente, há melhora na digestão, absorção e retenção dos nutrientes da dieta, o que afeta positivamente o desempenho (Spring, 2000). Ao estimularem o crescimento das bactérias produtoras de ácido lático, os prebióticos atuam de forma benéfica sobre o sistema imune do hospedeiro, pois estimulam a produção de citocinas, a proliferação de células mononucleares, a fagocitose macrófaga e a indução na síntese de grandes quantidades de imunoglobulinas, em especial as imunoglobulinas do tipo A (Yasui & Ohwaki, 1991; MacFarlane & Cummings, 1999). Assim, os beta-glucanos, ao modularem a resposta imunológica, preparam melhor os animais aos desafios sanitários. Outro benefício do uso dos prebióticos é o estímulo à produção de anticorpos.

Diante disso, buscou-se avaliar diferentes níveis de beta-glucanos na dieta sobre as características de desempenho, resposta imune e integridade intestinal de leitões do desmame aos 60 dias de idade.

## 2. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

### 2.1. Fisiologia do trato digestório de leitões desmamados

No período de desmame (14 a 28 dias de idade) é que o leitão encontra numerosos desafios decorrentes, em primeiro lugar, da separação da mãe e ainda os relativos às mudanças de alimentação (líquida para sólida), de ambiente (novas instalações, bebedouros, comedouros, temperatura e tensões sociais no novo grupo) e de imunologia. A imunidade ativa está em desenvolvimento e a imunidade passiva, adquirida pelo consumo de colostro e do leite materno, é ainda limitada. Todos esses fatores fazem com que o leitão esteja mais susceptível a enfermidades (Mellos, 2000; Viola & Vieira, 2003).

Em monogástricos encontram-se milhares de microrganismos no trato gastrointestinal e mais de 500 tipos de bactérias representados por múltiplas espécies e que são capazes de aproveitar os resíduos indigestíveis da dieta. Em sua maioria são bactérias benéficas.

Além da absorção, o intestino tem a função de proporcionar imunidade como consequência do estímulo antigênico por contato de patógenos (Fuente *et al.*, 2005). Assim, durante o período de aleitamento, o leitão recebe o colostro com nutrientes de alta digestibilidade e numerosos compostos bioativos como as imunoglobulinas, lisozimas e fatores de crescimento (IGF-I, IGF-II e insulina). A troca dessa dieta líquida altamente digestível para uma dieta sólida ainda de pouca digestibilidade para o leitão proporciona um aumento do risco de ocorrência de diarreias, que provocam retardo no crescimento dos leitões (Viola & Vieira, 2003), distúrbio no balanço da microbiota intestinal (Ranvindrán & Kornegay, 1993), mortalidade e altos custos com medicamentos (Viola & Vieira, 2003).

Dessa forma, durante a transição da dieta, é observada redução na taxa de crescimento dos animais, normalmente associada a alterações histológicas e bioquímicas no intestino delgado como atrofia das vilosidades e aumento da profundidade das criptas e conseqüente redução na absorção de nutrientes (McCracken *et al.*, 1999). A atrofia das vilosidades é provocada por uma maior taxa de perda celular ou uma redução na taxa de renovação celular. Se, por ventura, ocorre encurtamento das vilosidades por meio de uma maior taxa de perda de células, tem-se uma maior produção de células nas criptas e, conseqüentemente, maior profundidade das mesmas. Entretanto, a atrofia das vilosidades pode também ser devido a uma menor taxa de renovação celular que é resultado da redução da divisão celular nas criptas (Cera *et al.*, 1988; Nabuurs, 1995).

Ao desmame, o intestino delgado de leitões geralmente sofre uma redução na altura das vilosidades e aumento na profundidade das criptas, mudanças que estão relacionadas com a reduzida capacidade de absorção (Pluske *et al.*, 1997). As principais mudanças são observadas três a sete dias pós-desmame, com redução de 25 a 59% no peso dos vilos e aumento de 10 a 144% na profundidade da cripta (Molly, 2001).

Sem falar que os leitões recém-desmamados possuem o trato digestório relativamente imaturo (Smink, 2003), o que leva a uma digestão ineficiente de carboidratos e proteínas. Isto está relacionado, em parte, a quantidades insuficientes de enzimas secretadas ao longo do trato gastrointestinal e secreção limitada de HCl pelas células parietais do estômago, além de bicarbonato e muco (Geary *et al.*, 1999; Molly, 2001).

A acidez estomacal tem a função proteger o intestino delgado contra a entrada de microrganismos patogênicos e proporcionar um pH adequado para ação de enzimas

como a pepsina. No entanto, por ocasião do desmame, ocorre uma queda drástica na quantidade de ácido láctico no estômago devido à ausência de substrato (lactose) para os *Lactobacillus*. Esse fato, associado à insuficiente produção de ácido clorídrico pelas células parietais, provoca aumento do pH estomacal (Viola & Vieira, 2003).

Essa incompleta digestão e inadequada acidificação do alimento no estômago não ativam, de forma intensa, a secreção endócrina da parede do duodeno (secretina e colecistoquinina). Desta forma, a secreção exócrina do pâncreas (tripsina, amilase, lipase e demais enzimas), das glândulas de Brünner (bicarbonato de sódio), do fígado (saís biliares) e da própria parede do intestino delgado (maltase, sacarase, aminopeptidase, dipeptidase, etc.) também serão prejudicadas (Lindemann, 1986).

Aliado à insuficiente digestão dos alimentos, a presença de farelo de soja (fatores alergênicos) nas dietas secas altera a estrutura do epitélio intestinal. Estas alterações explicam grande parte do baixo desempenho nos leitões nos primeiros dias pós-desmame. Em apenas 24 horas após o desmame, há uma redução drástica na altura das vilosidades em todos os segmentos do intestino delgado, devido a uma maior descamação dos enterócitos. As vilosidades deixam de apresentar formas alongadas, se encurtam e se aprofundam (Pluske *et al.*, 1997; Hedemann *et al.*, 2003).

Algumas enzimas como a isomaltase, a sacarase e a lactase da borda em escova dos enterócitos perdem a atividade com esse encurtamento e aprofundamento das vilosidades. Entretanto, para Pluske *et al.* (1997), a redução da atividade enzimática da lactase, porém, pode ser mediada por mecanismos genéticos e ser mais dependente da idade do leitão que da atrofia das vilosidades.

As peptidases da borda em escova apresentam queda da atividade principalmente na porção proximal do intestino delgado, onde a atrofia das vilosidades é mais pronunciada. Já na porção distal do intestino, na qual a redução na altura das vilosidades é menos intensa, a redução da atividade das peptidases pode ser causada apenas pela falta de alimento nas primeiras horas pós-desmame (Hedemann *et al.*, 2003).

Quando as vilosidades estão desgastadas e as criptas aprofundadas, ocorre menor número de células absorptivas e um maior número de células secretórias, podendo levar o animal a um quadro de diarreia osmótica.

A digestão incompleta dos nutrientes, somado ao pH mais elevado do estômago, pode propiciar um meio rico em substratos para bactérias dos intestinos delgado e grosso, o que provoca um desequilíbrio e favorece o crescimento de potenciais patógenos como *Escherichia coli* e *Clostridium*. Esses microrganismos podem aderir à mucosa intestinal e, durante o processo de fermentação, produzir toxinas e agravar ainda mais, desta maneira, os danos ao epitélio intestinal, o que pode levar à morte (Molly, 2001).

Entretanto, apesar de todos esses prejuízos, são os próprios alimentos que fornecerão os nutrientes necessários para que o organismo do animal se recupere. A simples presença do alimento irá estimular as funções digestivas intestinais (secreção de hormônios e enzimas, bem como a proliferação celular) até que se alcance a maturidade do sistema e o animal possa suprir suas exigências nutricionais (Kelly & King, 2001).

Portanto, no intuito de prevenir a ocorrência desses problemas e assegurar um desempenho adequado nesta fase crítica da vida do suíno, são acrescentados aditivos às

dietas dos leitões para melhorar a produção animal como um todo.

## 2.2. Prebióticos

Os prebióticos são carboidratos não-digeríveis, ou seja, que não sofrem ação das enzimas digestivas do animal, mas estimulam seletivamente o crescimento e/ou a atividade de bactérias benéficas ao intestino. Os carboidratos denominados oligossacarídeos, que possuem cadeias curtas de polissacarídeos de três a dez açúcares simples, são os que possuem as melhores características prebióticas. De acordo com Maiorka *et al.* (2001), estes carboidratos não-digestíveis (como parede celular de plantas e leveduras) são assim classificados por serem constituídos pelo complexo de glicomanoproteínas, principalmente de mananoligossacarídeos, que possuem a capacidade de se ligarem às fímbrias das bactérias e inibirem a colonização do aparelho digestivo por microrganismos patogênicos.

De acordo com Gibson & Roberfroid (1995), algumas das características desejáveis de substâncias prebióticas são: não ser hidrolisada ou absorvida durante sua passagem pelo trato digestivo superior; servir de substrato para as bactérias intestinais benéficas que serão estimuladas a crescer e/ou tornar-se metabolicamente ativas; possuir capacidade de alterar a microbiota intestinal de forma benéfica ao hospedeiro e induzir efeitos benéficos sistêmicos no intestino do hospedeiro.

Segundo Rostagno *et al.* (2003), os prebióticos mais estudados como aditivos alimentares são os oligossacarídeos, principalmente os mananoligossacarídeos (MOS), os glucoligossacarídeos (GOS) e os frutoligossacarídeos (FOS). Segundo Fernandes *et al.* (2003), os mananoligossacarídeos são carboidratos complexos contendo D-manose, derivados da parede celular de leveduras

(*Saccharomyces cerevisidae*) e fonte de carboidratos completos para as dietas. Os GOS também são obtidos a partir de leveduras (Menten, 2001).

### 2.2.1. Mecanismos de ação

Segundo Spring (2000), os oligossacarídeos possuem a capacidade de reduzir a prevalência de cepas e impedir a colonização do trato gastrointestinal por patógenos, modular respostas imunológicas e reduzir a estimulação antigênica do trato gastrointestinal por meio da criação de um microambiente intestinal favorável e da adsorção de toxinas.

Os MOS são utilizados para ajudar na manutenção da eficiência digestiva, integridade do epitélio intestinal e modulação do sistema imunológico. A ação prebiótica dos MOS é exercida pela redução da capacidade de fixação de algumas bactérias patogênicas na mucosa intestinal, além de estimular o sistema imune. Os MOS, adicionados à dieta, podem aderir às fímbrias bacterianas, bloqueando a adesão das bactérias à superfície intestinal (Santos *et al.*, 2002). Além disso, os MOS também podem favorecer a saúde dos animais pelo estímulo à produção de anticorpos ou pelo estímulo ao desenvolvimento morfológico e funcional do intestino delgado (Fontes *et al.*, 2007).

Muitos oligossacarídeos, quando administrados aos animais, alcançam o cólon sem sofrerem degradação, fornecem substrato particularmente disponível para bactérias benéficas e propiciam melhora na altura das vilosidades duodenais (Santos *et al.*, 2002). Tais oligossacarídeos não digestíveis caracterizam-se por serem resistentes às enzimas intestinais do hospedeiro, mas são fermentáveis por bactérias intestinais como os *Lactobacillus* e *Bifidobacteria* (Buddington, 2001). Os oligossacarídeos, ao serem fermentados no trato gastrointestinal, promovem a

modificação da flora intestinal, favorecem o crescimento de bactérias produtoras de ácido acético e láctico, levam a uma redução do pH e acabam por impedir também o crescimento de patógenos.

Em relação ao sistema imune, os prebióticos contribuem para a ativação de macrófagos, neutrófilos e linfócitos T e B, além de incrementar a fagocitose e a produção de citocinas *in vivo* (Seljelid *et al.*, 1987) e *in vitro* (Hoffman *et al.*, 1993).

### 2.2.2. Beta-glucanos

Os beta-glucanos são considerados prebióticos e estão presentes em alguns tipos de cereais como a cevada e o trigo. Apesar de serem considerados fatores antinutricionais, os beta-glucanos também promovem o crescimento de bactérias ácido lácticas no intestino grosso, o que constitui importante função para o controle de bactérias nocivas (O'Connell *et al.*, 2005), além de modular a resposta imune celular (Goddeeris *et al.*, 2002).

Glucanos com ligações glicosídicas  $\beta$ -1,3 e  $\beta$ -1,6 (beta-glucanos) são os maiores componentes estruturais de leveduras e parede celular fúngica (Jorgensen & Robertsen, 1995). Sabe-se que beta-glucanos possuem atividades anti-tumorais e antimicrobianas pelo aumento de toda a função imune. Eles têm efeito benéfico sobre o crescimento de suínos desmamados (Mowat, 1987) por modular reações imunes específicas, aumentar a imunidade inespecífica e a intolerância a antígenos orais.

#### 2.2.2.1. Efeitos da utilização de beta-glucanos sobre o desempenho e resposta imune

Dritz *et al.* (1995) realizaram três experimentos para avaliar os efeitos do uso de beta-glucanos sobre o desempenho, as funções dos neutrófilos e macrófagos, a

produção de haptoglobina e a resistência a *Streptococcus suis* em leitões recém-desmamados. No primeiro experimento, foram utilizados dois tipos de dietas (à base de farelo de soja e à base de proteína do leite) que continham ou não 0,01% de beta-glucano durante 35 dias. Os leitões que se alimentaram com os beta-glucanos apresentaram baixo consumo entre os dias sete e 14 após o desmame. Embora não significativo, o ganho de peso foi menor nessa fase também. Não houve diferença significativa quanto à função dos neutrófilos dos sete aos 35 dias após o desmame. No segundo experimento, duas dietas à base de milho e farelo de soja, acrescidas de plasma spray-dried, contendo ou não 0,01% de beta-glucanos foram testadas por 28 dias e os autores não observaram diferenças significativas no desempenho dos leitões. Num terceiro experimento, os leitões recém-desmamados receberam dietas que continham ou não 0,025% ou 0,05% de beta-glucanos por 35 dias. Foram avaliados os efeitos do uso do beta-glucano sobre o desempenho, as funções de neutrófilos e macrófagos e a concentração plasmática de haptoglobina. Aos 28 dias de experimento, os leitões foram desafiados com *Streptococcus suis*. Foi observado que as dietas não influenciaram significativamente as funções de neutrófilos e macrófagos. Em contrapartida, as dietas com 0,025% de beta-glucanos aumentaram o consumo de ração e o ganho de peso. Não houve diferença significativa em relação à conversão alimentar. Os leitões alimentados com dietas que continham beta-glucanos apresentaram decréscimo na concentração de haptoglobinas nos dias 14, 21 e 28 após o desmame.

Fortin *et al.* (2003) investigaram o desempenho, a carcaça e a qualidade da carne de suínos em terminação alimentados com dietas à base de aveia que continham diferentes níveis de beta-glucanos totais (4,1; 3,3; 2,1; 1,6 e 0%). O desempenho e a qualidade da carne e da carcaça não foram



significativamente afetados pelos diferentes níveis de beta-glucanos.

Eicher *et al.* (2006) testaram durante 28 dias quatro dietas (controle; 2,5% de beta-glucano; 75 ppm de vitamina C e 2,5% de beta-glucano + 75 ppm de vitamina C) em leitões machos, castrados e recém-nascidos. Os leitões foram desmamados aos 14 dias de idade e receberam as dietas na creche por mais 14 dias, totalizando 28 dias de experimento. Ao final do experimento, os leitões foram desafiados com lipopolissacarídeo (LPS) e amostras de sangue foram coletadas a cada 30 minutos durante quatro horas para análise da resposta imune. Os autores observaram que os beta-glucanos juntamente com a vitamina C aumentaram o ganho de peso em relação aos outros tratamentos e reduziram a expressão do fator de necrose tumoral  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) nos tecidos intestinais e hepáticos, sugerindo um papel imunomodulador importante na combinação dos tratamentos (beta-glucanos + vitamina C). O número de granulócitos e linfócitos de leitões tratados com 75 ppm de vitamina C foi maior antes do desafio com LPS. Três horas após o desafio com LPS, o número de linfócitos e granulócitos decresceu em todos os tratamentos, porém os leitões suplementados apenas com vitamina C mantiveram um número maior de células que nos outros tratamentos. Os autores descreveram que isto se deve à propriedade antioxidante da vitamina C que melhora a integridade estrutural das células e previne a morte das mesmas, o que permite que mais células possam contribuir para a resposta imune.

Li *et al.* (2006) conduziram três experimentos com leitões recém-desmamados para investigar os efeitos dos beta-glucanos sobre o desempenho e sobre a função imunológica. No primeiro experimento, testaram cinco tratamentos com níveis crescentes de beta-glucanos (0; 25; 50; 100 e 200 ppm) por 28 dias. Os autores observaram efeito quadrático para o

ganho de peso, mas não encontraram efeito significativo sobre o consumo e conversão alimentar. No segundo experimento, testaram dois tratamentos (0 e 50 ppm de beta-glucanos) por 35 dias. Aos 14 e 28 dias de experimento coletaram aleatoriamente amostras de sangue para avaliação da proliferação linfocitária em resposta à fitohemaglutinina (PHA) e à concavalina A (Con A). Foi observado que os leitões tratados com beta-glucanos apresentaram maior ganho de peso e maior consumo de ração, embora os dados não sejam significativos. A proliferação linfocitária em resposta à fitohemaglutinina (PHA) e à concavalina A (Con A) foi atenuada pela inclusão de beta-glucanos. Além disso, o tempo parece ter influenciado a proliferação linfocitária em resposta à Con A, mas não foi observada interação entre tempo e níveis de beta-glucano utilizados nos tratamentos. No terceiro experimento, os autores pesquisaram sobre as respostas imunológicas e somatotrópicas em suínos desafiados ou não com LPS e tratados ou não com beta-glucanos (0 e 50 ppm). Os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas por 28 dias e receberam as dietas com 0 ou 50 ppm de beta-glucanos. Ao final, foram desafiados com LPS ou salina e o sangue coletado nos tempos 0; 1,5; 3; 4,5; 6,0 e 7,5 horas após o desafio. Os leitões suplementados com beta-glucanos apresentaram menores concentrações de interleucina-6 (IL-6) nos tempos de 1,5; 3,0 e 4,5 horas comparados aos não-suplementados. As concentrações de TNF- $\alpha$  nos leitões desafiados com LPS foram maiores nos tempos 1,5; 3,0 e 4,5 horas após o desafio. Os leitões suplementados com beta-glucanos apresentaram menores concentrações plasmáticas de TNF- $\alpha$ , quando comparados aos leitões não-suplementados, nos tempos 3,0 e 4,5 horas após o desafio. Os leitões suplementados com beta-glucanos apresentaram, quando comparados aos leitões não-suplementados, maiores concentrações de interleucina-10 (IL-10) nos tempos 3,0; 4,5; 6,0 e 7,5 horas

após a injeção de LPS. As concentrações de IGF-1 foram maiores nos leitões suplementados com beta-glucanos, apesar desses valores não serem significativos. Não houve efeito dos tratamentos sobre os níveis de cortisol nem sobre os níveis de hormônio do crescimento dos leitões.

Hahn *et al.* (2006) conduziram dois experimentos no intuito de avaliar a eficácia dos beta-glucanos no crescimento, na digestibilidade dos nutrientes e na imunidade de leitões recém-desmamados. No primeiro experimento, utilizaram dietas com 0; 0,1; 0,02; 0,03 e 0,04% de beta-glucanos por cinco semanas. A digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, cálcio e fósforo aumentou linearmente nos leitões suplementados com beta-glucanos. No segundo experimento, os leitões recém-desmamados foram alimentados com dieta sem beta-glucano e sem antibiótico, dieta com 0,02% de beta-glucano, dieta com antibióticos e dieta com 0,02% de beta-glucanos mais antibióticos por cinco semanas. O ganho de peso foi maior na dieta com 0,02% de beta-glucanos mais antibióticos quando comparado à dieta controle. Além disso, com exceção do fósforo, os animais que se alimentaram da dieta com 0,02% de beta-glucanos mais antibióticos também apresentaram maior digestibilidade de nutrientes ( $P < 0,05$ ). Nos dias 15, 24 e 46 foram medidos por ELISA os títulos de anticorpos contra *Pasteurella multocida* tipo A e tipo D e eles diferiram com aumento das células CD4. Os títulos de anticorpos para *Pasteurella multocida* tipo A foram maiores no grupo controle 15 e 45 dias após a vacinação. Os títulos de anticorpos para *Pasteurella multocida* tipo D foram maiores no grupo controle 15 dias após a vacinação. E aos 45 dias após a vacinação, os animais tratados com antibióticos e beta-glucanos apresentaram os maiores títulos de anticorpos para o agente em questão (*Pasteurella multocida* tipo D) do que os tratados apenas com 0,02% de

beta-glucanos ou apenas antibióticos. Os autores então concluíram que os beta-glucanos sem os antibióticos não melhoram o desempenho dos leitões e que os antibióticos são mais efetivos para a digestibilidade dos nutrientes e desempenho dos animais.

#### **2.2.2.2. Efeitos da utilização de beta-glucanos sobre a atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD)**

Todos os seres vivos que utilizam oxigênio geram, intracelularmente, em seus processos metabólicos, pequena quantidade ( $\pm 5\%$ ) de oxigênio tóxico, bioquimicamente chamado de Espécies Ativas de Oxigênio (EAO). As mais importantes são: Ânion Superóxido ( $O_2^-$ ); Peróxido de Hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e Radical Hidroxila (OH).

As EAO podem ser positivamente aproveitadas, como na fagocitose, destruindo agentes infecciosos. Todavia, a excessiva formação de EAO gera malefícios como a peroxidação lipídica que é equivalente à rancificação da gordura: formam-se ácidos e aldeídos de cadeia média e curta e mais radicais livres são gerados, num sistema em cascata, o que resulta em graves danos celulares. Por isto, os sistemas biológicos dispõem intra e extracelularmente de um sistema antioxidante encarregado de conter o excesso de EAO. Situações em que há excesso de EAO ou redução de antioxidantes são reconhecidas como estresse oxidativo (SIGMA, 2008).

Vários eventos fisiopatológicos são geradores de estresse oxidativo: processos de defesa em geral, fagocitose, agregação plaquetária, coagulação e, sobretudo, os processos inflamatórios agudos ou crônicos. Uma das defesas às EAO é a Superóxido Dismutase (SOD). A SOD é uma enzima que tem como cofatores o zinco (Zn) e o cobre (Cu) e que catalisa a desmutação de duas moléculas de  $O_2^-$  (superóxido tóxico)

em H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> (menos tóxicos). A importância da SOD como uma defesa contra oxidantes não está muito esclarecida. Diversas são as determinações laboratoriais capazes de avaliar o estresse oxidativo. Basicamente, pode ser medido através da atividade da enzima SOD do sistema antioxidante (SIGMA, 2008).

Alves & Santurio (2006) avaliaram a atividade da enzima superóxido dismutase na pitiose experimental em coelhos submetidos a diferentes tratamentos. Os autores selecionaram 30 coelhos de um grupo de 40 coelhos de três meses de idade e inoculados com *Pythium insidiosum* no tecido subcutâneo e os dividiram em 6 grupos que receberam os seguintes tratamentos: grupo 1 - controle; grupo 2: sem imunoterapia + dieta rica em beta-glucanos (500 mg/dia); grupo 3 - imunoterapia (Pitium-Vac) em 6 doses com intervalos de 14 dias; grupo 4 - imunoterapia (Pitium-Vac) + dieta rica em beta-glucanos (500 mg/dia); grupo 5 - Itraconazol (8 mg/kg/dia) + Terbinafina (125 mg/dia); grupo 6 - Itraconazol (8 mg/kg/dia) + Terbinafina (125 mg/dia) + dieta rica em beta-glucanos (500 mg/dia). Após 45 dias de infecção experimental, a SOD variou entre 0,70 e 0,92 UI, com média aritmética de 0,799 UI. As diferenças entre as médias de SOD no final do experimento em relação à pré-infecção evidenciaram que somente no Grupo 1 (sem tratamento) a SOD não variou. Nos demais, observou-se aumento dos percentuais de SOD. A SOD dos Grupos 2, 4 e 6 foram mais elevadas do que a do Grupo 1. Os mais elevados níveis de SOD só foram observados nos grupos cujos animais ingeriram beta-glucanos na dieta.

### **2.2.2.3. Efeitos da utilização de beta-glucanos sobre a morfologia intestinal**

Sanches (2004) utilizou 44 leitões, 22 machos castrados e 22 fêmeas, desmamados aos 23 dias de idade, com peso médio de 7,16 kg para avaliar morfometria intestinal

em diferentes idades após o desmame. As dietas foram isoprotéicas e isoenergéticas, formuladas à base de milho, farelo de soja e leite em pó modificado, adicionadas de antibiótico (60g/tonelada de ração), probiótico (150 g/tonelada de ração), prebiótico (1000g MOS/tonelada de ração), simbiótico (150g probiótico + 1000g prebiótico/tonelada de ração) e um tratamento sem aditivo (controle negativo). Não houve diferenças significativas entre os tratamentos sobre a altura das vilosidades, a profundidade das criptas e a relação vilosidade/cripta no duodeno e jejuno dos animais.

Arantes *et al.* (2005) trabalharam com 100 leitões machos castrados, de mesma composição genética, distribuídos em 4 tratamentos: ração basal com antimicrobiano como promotor de crescimento convencional (sulfato de colistina - 40 ppm); ração basal sem promotor de crescimento; ração basal com antimicrobiano como promotor de crescimento convencional (sulfato de colistina 40 ppm) + MOS; ração basal sem promotor de crescimento + MOS. A dosagem do prebiótico (MOS) foi indicada pelo fabricante. Ao final do experimento, fragmentos intestinais de três leitões de cada tratamento foram colhidos e fixados em formalina 10% e submetidos à análise por histomorfometria. No jejuno e íleo não foram observadas alterações significativas entre os tratamentos para comprimento médio do vilo, largura média do vilo e número de vezes em que a superfície da mucosa intestinal foi aumentada. No duodeno, o comprimento médio do vilo não sofreu alteração significativa. Porém, a largura média do vilo e da cripta bem como a superfície da mucosa intestinal, no duodeno, aumentaram significativamente.

Chiquieri *et al.* (2007) utilizaram 40 suínos mestiços (Landrace X Large White) machos castrados em crescimento e terminação. Os animais foram submetidos aos seguintes

tratamentos: ração basal (sem aditivo); ração basal + antibiótico (Nitrovim); ração basal + probiótico (*Saccharomyces cerevisiae*); ração basal + prebiótico (mananoligossacarídeo); ração basal + probiótico (*Saccharomyces cerevisiae*) + prebiótico (mananoligossacarídeo). O probiótico, prebiótico e antibiótico foram adicionados às rações em substituição ao inerte nas seguintes quantidades: 0,05%, 0,1% e 0,02%, respectivamente, conforme recomendação dos fabricantes. Após o abate, foram colhidas amostras do intestino delgado (duodeno) para análise da altura das vilosidades intestinais. Em conclusão, a adição de probiótico e prebiótico na dieta para suínos em crescimento e terminação não teve efeitos significativos sobre a altura das vilosidades.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local e Instalações

O experimento foi realizado na Fazenda Boa Esperança, localizada no município de Presidente Olegário, Minas Gerais, durante os meses de setembro a dezembro de 2007. As baias onde os animais foram alojados eram suspensas, possuíam piso de concreto semi-ripado e ficavam em um galpão de alvenaria coberto com telhas de barro e com sistema de fechamento (cortinas). Em cada baia havia dois bebedouros do tipo chupeta, instalados em ângulo de 45° e altura regulável (altura mínima de 25 centímetros) e dois comedouros convencionais de metal, onde sete animais em cada comedouro

comiam ao mesmo tempo. As baias também dispunham de uma área de 0,24 m<sup>2</sup>/animal.

#### 3.2. Animais e delineamento experimental

Foram utilizados 1.500 leitões híbridos comerciais recém-desmamados, machos castrados e fêmeas, originados de linhagens selecionadas geneticamente para deposição de carne magra (Agrocres-Pic) com peso inicial da unidade experimental (baia) de 6,31 ± 0,41 kg. Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos (controle; 60; 120; 180 e 240 gramas de beta-glucano por tonelada de ração), dez repetições e 30 animais por unidade experimental (baia). A idade inicial foi de 21 ± 2 dias (idade ao desmame).

#### 3.3. Dietas e manejo alimentar

As dietas foram formuladas para atender as exigências nutricionais dos leitões estabelecidas por Rostagno (2005) e foram fornecidas à vontade durante todo período experimental. O programa nutricional utilizado foi dividido em 4 fases: uma dieta pré-zero (21 a 28 dias de idade), uma dieta pré-inicial I (28 a 35 dias de idade), uma dieta pré-inicial II (35 a 49 dias de idade) e uma dieta inicial (49 a 60 dias de idade). O beta-glucano foi adicionado em substituição ao inerte. A ração pré-zero correspondia a uma ração comercial pronta. As demais rações foram preparadas na granja e estão descritas nas tabelas 1, 2 e 3.

**Tabela 1 - Composição centesimal das rações no período de 28 a 35 dias de idade**

Ingredientes	Níveis de beta-glucanos				
	Controle	60 g/t	120 g/t	180 g/t	240 g/t
Milho Grão (kg)	33,280	33,280	33,280	33,280	33,280
Farelo de Soja (kg)	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Açúcar (kg)	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200
Óleo degomado (kg)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
Concentrado P400 <sup>1</sup> (kg)	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
Amphenor <sup>2</sup> (kg)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
L-Lisina HCl - 78,4% (kg)	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
Inerte (kg)	0,030	0,024	0,018	0,012	0,006
Beta-glucano* (kg)	-	0,006	0,012	0,018	0,024
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup> Níveis de garantia (por kg do produto): zinco 4.660,00 mg; lisina 7.410,00 mg; metionina 4.900,00 mg; vitamina E 240,00 U.I.; manganês 97,00 mg; vitamina B<sub>12</sub> 75,00 mcg; iodo 4,45 mg; ácido pantotênico 42,00 mg; vitamina 15,00 mg; cobre 250,00 mg; ácido fólico 6,00 mg; niacina 75,00 mg; colistina 100,00 mg; salinomicina 12,00 mg; ferro 172,00 mg; colina 720,00 mg; cobalto 0,75 mg; B.H.T. 24,00 mg; ácido fumárico 33.700,00 mg; selênio 1,10 mg; vitamina D<sub>3</sub> 9.000,00 U.I.; vitamina A 36.000,00 U.I.; vitamina B<sub>6</sub> 9,00 mg; vitamina K<sub>3</sub> 9,00 mg; biotina 0,70 mg; vitamina B<sub>1</sub> 7,50 mg.

<sup>2</sup> Níveis de garantia (por kg do produto): florfenicol - 20g.

**Tabela 2 - Composição centesimal das rações no período de 35 a 49 dias de idade**

Ingredientes	Níveis de beta-glucanos				
	Controle	60 g/t	120 g/t	180 g/t	240 g/t
Milho Grão	39,130	39,130	39,130	39,130	39,130
Farelo de Soja	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000
Açúcar	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200
Óleo degomado	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
Concentrado P300 <sup>1</sup>	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
Biomox <sup>2</sup>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
Inerte (kg)	0,030	0,024	0,018	0,012	0,006
Beta-glucano* (kg)	-	0,006	0,012	0,018	0,024
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup> Níveis de garantia (por kg do produto): ferro 230,00 mg; colina 1.620,00 mg; tilosina 168,00 mg; ácido fumárico 33.300,00 mg; metionina 5.029,00 mg; niacina 84,00 mg; zinco 695,00 mg; cobalto 1,00 mg; B.H.T. 27,00 mg;

\* O beta-glucano utilizado foi o Betamune®, extraído das leveduras *Saccharomyces*. É um pó fino, de cor bege a marrom clara, seco em spray dryer.

vitamina D<sub>3</sub> 10,05 U.I.; vitamina K<sub>3</sub> 10,00 mg; cobre 335,00 mg; manganês 130,00 mg; selênio 1,45 mg; vitamina B<sub>2</sub> 12,50 mg; vitamina E 268,00 U.I.; vitamina B<sub>12</sub> 84,00 mcg; vitamina B<sub>6</sub> 10,00 mg; biotina 1,00 mg; vitamina B<sub>1</sub> 8,40 mg; lisina 7.800,00 mg; ácido fólico 7,00 mg; ácido pantotênico 47,00 mg; vitamina A 40.200,00 U.I.; iodo 6,00 mg.

<sup>2</sup> Níveis de garantia (por kg do produto): amoxicilina - 500g

**Tabela 3 - Composição centesimal das rações no período de 49 a 60 dias de idade**

Ingredientes	Níveis de beta-glucanos				
	Controle	60 g/t	120 g/t	180 g/t	240 g/t
Milho Grão	51,670	51,670	51,670	51,670	51,670
Farelo de Soja	30,800	30,800	30,800	30,800	30,800
Açúcar	5,200	5,200	5,200	5,200	5,200
Óleo degomado	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Concentrado I100 <sup>1</sup>	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
Biomox <sup>2</sup>	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040
Colistina <sup>3</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
L-Lisina HCl – 78,4%	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
Inerte (kg)	0,030	0,024	0,018	0,012	0,006
Beta-glucano* (kg)	-	0,006	0,012	0,018	0,024
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup> Níveis de garantia (por kg do produto): vitamina B<sub>12</sub> 250,00 mcg; ferro 580,00 mg; vitamina A 120.000,00 U.I.; iodo 15,00 mg; B.H.T. 80,00 mg; colina 3.600,00 mg; biotina 2,40 mg; vitamina D<sub>3</sub> 30.000,00 U.I.; ácido pantotênico 140,00 mg; selênio 3,65 mg; zinco 1.635,00 mg; ácido fólico 20,00 mg; vitamina E 800 U.I.; cobalto 2,50 mg; niacina 250,00 mg; vitamina B<sub>2</sub> 50,00 mg; metionina 9.900,00 mg; cobre 844,00 mg; vitamina B<sub>6</sub> 30,00 mg; lisina 18.330,00 mg; manganês 325,00 mg; vitamina B<sub>1</sub> 25,00 mg; vitamina K<sub>3</sub> 30,00 mg; salinomicina 360,00 mg;

<sup>2</sup> Níveis de garantia (por kg do produto): amoxicilina - 500g

<sup>3</sup> Níveis de garantia (por kg do produto): sulfato de colistina - 100g

### 3.4. Desempenho

Os animais foram pesados individualmente aos 21 dias de idade e distribuídos nos tratamentos de forma que todas as baias apresentassem peso inicial médio semelhante. Foram feitas pesagens periódicas das rações fornecidas e das sobras das rações experimentais. Os dados do consumo de ração foram obtidos pela soma do consumo de ração em cada período.

Os parâmetros de desempenho avaliados foram: peso aos 35, 49 e 60 dias de idade;

ganho de peso diário (GPD) dos 21 a 35, 21 a 49 e 21 a 60 dias de idade; consumo de ração diário (CRD) dos 21 a 35, 21 a 49 e 21 a 60 dias de idade e conversão alimentar (CA) dos 21 a 35, 21 a 49 e 21 a 60 dias de idade.

Aos 35, 49 e 60 dias de idade os animais foram pesados em conjunto (unidade experimental ou baia) para obtenção do peso médio. A conversão alimentar foi calculada considerando o consumo de ração e o ganho de peso dos leitões ao final de 35, 49 e 60 dias de idade.

\* O beta-glucano utilizado foi o Betamune®, extraído das leveduras *Saccharomyces*. É um pó fino, de cor bege a marrom clara, seco em spray dryer. 21

### 3.5. Resposta Imune

A ativação do sistema imune dos leitões foi obtida por meio de vacinação contra pneumonia enzoótica, pois a granja encontrava-se livre do agente contido na vacina. A vacina utilizada foi M+PAC<sup>®</sup> (concentrado inativado de *Mycoplasma hyopneumoniae*) administrada em um animal de cada tratamento. Os leitões foram então vacinados (1 ml) no momento do alojamento na baía experimental e 15 dias após (dose reforço - 1 ml). Os animais vacinados foram identificados por brincos. Foi coletada amostra de sangue destes animais em quatro momentos distintos: momento do alojamento ( $t_0$ ), 15 dias após o alojamento ( $t_1$ ), 30 dias após o alojamento ( $t_2$ ) e ao término do experimento ( $t_3$ ). O sangue foi colhido com seringa e agulha descartáveis de 5 ml. Após a coleta, o sangue foi transferido para um tubo de vácuo (Vacutainer), com capacidade para 4 ml, sem anticoagulante. Os tubos foram deixados por cerca de seis horas em temperatura ambiente para retração do coágulo. O soro foi então retirado do Vacutainer através de seringa estéril e colocado em *Ependorfe*, identificado e, em seguida, congelado. O material foi devidamente enviado sob refrigeração ao laboratório da MICROVET em Viçosa para realização de sorologia pareada (teste de ELISA) para *M. hyopneumoniae* a fim de verificar diferentes níveis de respostas humoral entre os tratamentos. O teste de ELISA utilizou o kit comercial K004321-9 da *Oxoid Limited* com anticorpo monoclonal altamente específico contra um epítipo (sítio de ligação específico que é reconhecido por um anticorpo) de *M. hyopneumoniae*. Assim sendo, realizou-se um teste de ELISA por competição. A leitura da densidade ótica (DO) foi realizada em espectrofotômetro com filtro de 492 nm. Para o teste de ELISA realizado, resultados de densidade ótica menores que 0,751 são considerados positivos para *M. hyopneumoniae* e resultados maiores que 0,976 são

considerados negativos, assim como resultados de porcentagem de inibição maiores que 50% são considerados positivos para *M. hyopneumoniae* e resultados menores que 35% são considerados negativos.

### 3.6. Análise da atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD):

Ao final do experimento, foram escolhidos, aleatoriamente, 10 animais de cada tratamento da última repetição e amostras de sangue foram coletadas para a determinação da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD). O sangue foi colhido com seringa e agulha descartáveis de 5 ml. Após a coleta, o sangue foi transferido para um tubo de vácuo com anticoagulante EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético) e capacidade para 4 ml. Todas as amostras foram conservadas por 6 horas sob refrigeração e depois mantidas por 30 dias em temperatura próxima a  $-80^{\circ}\text{C}$ .

As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Membranas Excitáveis (Lamex) do Instituto de Ciências Biológicas da UFMG e mantidas ainda a  $-80^{\circ}\text{C}$  por mais 15 dias. As amostras foram então homogeneizadas com 0,01 mol/L de tampão fosfato de sódio (pH 7.4) e 0,03 mol/L de KCl de forma a restabelecer a SOD e, em seguida, centrifugadas por cerca de cinco minutos. Às amostras (40  $\mu\text{L}$  de sangue) foi acrescentado 1 ml de tampão Tris-HCl (pH 8,2) que continha 1 mmol/L de ácido dietilenotriaminopentacético (DTPA). Em seguida, foi acrescentado 0,2 mmol/L de pirogalol. A técnica utilizada para determinar a atividade da SOD baseou-se na inibição da reação do radical superóxido pelo pirogalol, que é um composto que se auto-oxida com a variação de pH. Em meio básico, a auto-oxidação do pirogalol gera superóxido. A SOD compete com o sistema de detecção pelo radical superóxido. Uma vez que não se pode determinar a concentração da enzima nem sua atividade na forma de "substrato consumido/tempo",

utiliza-se uma unidade relativa. Define-se uma unidade de SOD como a quantidade de enzima necessária para inibir a velocidade de oxidação do detector em 50% do seu valor original. A oxidação do pirogalol forma um produto colorido, detectado espectrofotometricamente a 420 nm, durante três minutos. Determinou-se a atividade da SOD através da velocidade de formação do pirogalol oxidado.

### **3.7. Morfometria intestinal:**

Foram escolhidos, aleatoriamente, dez animais de cada tratamento, sendo cinco animais com 35 dias de idade e cinco animais com 42 dias de idade. Os animais foram submetidos a choque elétrico de 220 volts por três segundos e, em seguida, sangrados pela veia cava na região do pescoço. O período da sangria foi de três minutos. Após a sangria, foi coletado de cada animal um fragmento aberto do duodeno e do jejuno com aproximadamente cinco centímetros de comprimento. A porção do duodeno foi coletada a 10 centímetros da inserção com o estômago e a porção do jejuno foi coletada a 50% do comprimento do intestino delgado. Os fragmentos coletados foram imediatamente lavados em água, fixados abertos por meio de grampeador em folha de 180 gramas (papel vergê) e devidamente identificados. As amostras de duodeno e de jejuno de cada tratamento foram colocadas em solução de formol tamponado 10% e enviadas ao Laboratório de Patologia do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinárias da Escola de Veterinária da UFMG.

Para as análises de morfometria, os fragmentos foram cortados a cinco micrômetros com navalha nova para não danificar o tecido. As lâminas foram

confeccionadas utilizando-se a técnica descrita por Junqueira & Junqueira (1983) com algumas adaptações. Para medir a altura de vilosidade e profundidade de cripta foi usada ocular graduada, da marca Olympus, no aumento de 20 vezes. Foram realizadas 30 medições de altura de vilosidade e profundidade de cripta em cada fragmento analisado. As medidas de altura de vilosidades foram tomadas a partir da base superior da cripta até o ápice da vilosidade e as criptas foram medidas entre as vilosidades da base inferior até a base superior da cripta. Para conversão das medidas em micrômetros foi utilizada outra lâmina graduada que, sobreposta à ocular Olympus no aumento de 20 vezes, mostrou uma equivalência de 11 para 50 micrômetros e os valores puderam assim ser convertidos.

### **3.8. Análises Estatísticas**

Os dados de desempenho bem como a atividade da enzima superóxido desmutase (SOD) e morfometria intestinal foram submetidos a análises de variância pelo pacote estatístico computacional SAEG - Sistemas de Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 2007), utilizando estudos de modelos de regressão linear e/ou quadrático. Os dados de sorologia foram submetidos à análise não-paramétrica ao nível de 5% de probabilidade (Teste de Kruskal-Wallis).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Desempenho dos animais**

Os resultados para as variáveis ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar dos 21 aos 35, 21 aos 49 e 21 aos 60 dias de idade encontram-se na tabela 4.



**Tabela 4 - Níveis de beta-glucano na ração sobre o peso aos 35 dias (PF), ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD) e conversão alimentar (CA) de suínos de 21 a 60 dias de idade**

Parâmetros	Níveis de beta-glucano da ração (g/t)					CV (%)
	0	60	120	180	240	
Peso inicial (kg)	6,22	6,31	6,29	6,23	6,24	
Peso 35 dias (kg)	8,95	9,18	9,07	9,14	9,04	3,54
Ganho de Peso Diário (g)	184	202	195	200	193	13,34
Consumo de Ração Diário (g)	249	287	270	287	271	11,74
Conversão Alimentar (g/g)	1,36	1,46	1,41	1,46	1,43	15,68
Peso 49 dias (kg)	16,70	16,58	16,50	16,61	16,75	4,76
Ganho de Peso Diário (g)	372	369	366	370	374	7,79
Consumo de Ração Diário (g)	507	519	520	522	518	7,59
Conversão Alimentar (g/g)	1,36	1,42	1,48	1,41	1,39	12,28
Peso Final (kg) <sup>1</sup>	24,06	24,08	24,64	24,63	24,86	4,03
Ganho de Peso Diário (g) <sup>1</sup>	443	444	459	459	464	5,41
Consumo de Ração Diário (g)	681	686	701	712	691	5,83
Conversão Alimentar (g/g)	1,54	1,55	1,53	1,55	1,49	5,18

<sup>1</sup> Efeito Linear (P<0,05)

Não houve efeito (P>0,05) do aumento nos níveis de beta-glucanos sobre o ganho de peso diário, consumo de ração diário e conversão alimentar dos leitões, do desmame aos 35 dias e 49 dias de idade. Possivelmente isso ocorreu devido ao curto período no qual os animais foram submetidos aos tratamentos. Entretanto, quando analisado todo período experimental (dos 21 aos 60 dias de idade), observa-se aumento (P<0,05) linear do peso final ( $Y = 23,9262 + 0,00318704X - R^2 = 0,72$ ) e do ganho de peso ( $Y = 0,44082 + 0,000084861X - R^2 = 0,78$ ) de leitões suplementados com beta-glucano na dieta (Figuras 1 e 2). Desta forma, a inclusão de 240 ppm de beta-glucano proporcionou um aumento no peso final de 800 gramas, o que

corresponde a uma variação de 3,2% em relação aos animais do grupo controle. Este aumento linear no peso final acarretou efeito semelhante sobre o ganho de peso diário que foi 4,7% superior para o grupo dos animais tratados com 240 ppm de beta-glucano. Do mesmo modo, Li *et al.* (2006) encontraram melhora de 12,7% no ganho de peso dos leitões suplementados com 50 ppm de beta-glucano. Eicher *et al.* (2006) observaram que o ganho de peso foi significativamente influenciado pelos tratamentos e foi maior nos leitões que receberam a combinação de beta-glucano e vitamina C. Entretanto, Dritz *et al.* (1995) e Hahn *et al.* (2006) não encontraram diferenças significativas quanto ao ganho de peso e ao peso final dos leitões, sendo relatada apenas tendência ao aumento

linear nesse parâmetro para os níveis crescentes de inclusão do prebiótico. Os mesmos autores, ao utilizarem beta-glucanos com antibióticos, também não encontraram

efeito significativo para o ganho de peso, embora também relatassem tendência de aumento linear no parâmetro em questão.

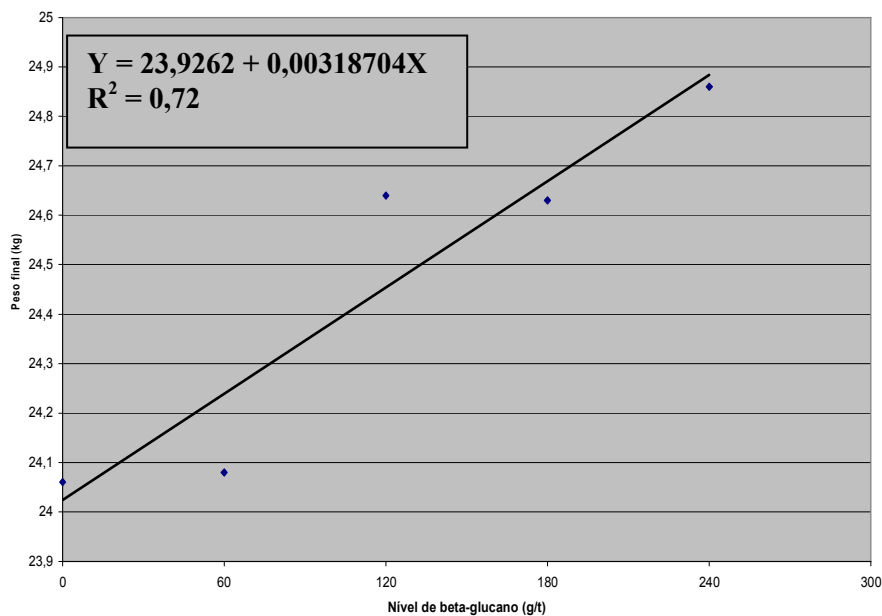


Figura 1 - Efeito dos níveis de beta-glucano na ração sobre o peso final de suínos entre 21 e 60 dias de idade

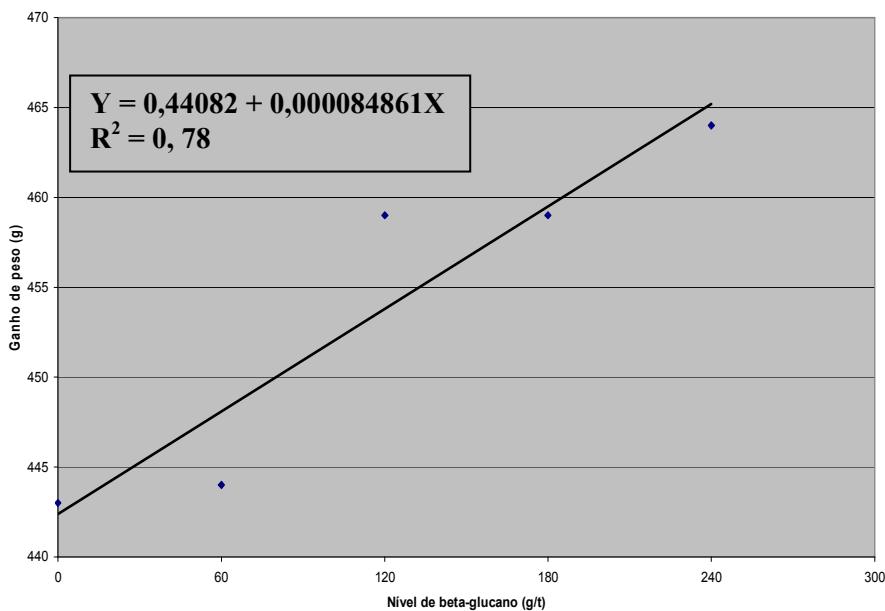


Figura 2 - Efeito dos níveis de beta-glucano na ração sobre o ganho de peso diário de suínos entre 21 e 60 dias de idade

Não se observou efeito ( $P < 0,05$ ) significativo dos tratamentos sobre o consumo de ração diário. Resultados semelhantes também foram relatados por Dritz *et al.* (1995) e Hahn *et al.* (2006) que não observaram qualquer mudança no parâmetro consumo para diferentes inclusões de beta-glucanos. Entretanto, Li *et al.* (2006) observaram efeito positivo do tratamento sobre o consumo de ração, o que influenciou também o ganho de peso final dos leitões.

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de beta-glucano sobre a conversão alimentar (CA). Entretanto, no nível de 240 gramas de beta-glucano por tonelada de ração pode-se observar uma melhora numérica, não significativa, de 3,3% nesse parâmetro em relação ao grupo controle. Dritz *et al.* (1995) também não encontraram efeito significativo sobre a conversão alimentar. Resultados semelhantes também foram encontrados por Hahn *et al.* (2006) e Li *et al.* (2006).

Essa discrepância nos resultados se dá, provavelmente, pelas diferenças nas dosagens, pelos ingredientes utilizados nas formulações de rações, pelas condições sanitárias de criação dos leitões, pelas diferenças no delineamento experimental e com o nível de estresse do animal. A diferença de pureza, peso molecular, conformação e métodos de extração dos beta-glucanos utilizados nos distintos trabalhos também pode explicar os diferentes resultados observados. Enfim, o mecanismo exato pelo qual a suplementação com beta-glucanos melhora o desempenho de suínos em crescimento não é bem esclarecida.

#### 4.2 Atividade da enzima Superóxido Dismutase (SOD)

Os resultados para a atividade da enzima SOD encontram-se na Tabela 5.

**Tabela 5 - Efeito dos níveis de beta-glucanos na ração sobre a atividade da enzima SOD**

Parâmetro	Níveis de beta-glucanos da ração (g/t)					CV
	0	60	120	180	240	
Atividade da SOD (U/mg proteína)	1,46	1,56	1,35	1,40	1,37	12,26

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis crescentes de beta-glucano na ração sobre a atividade da enzima SOD (figura 3). Por outro lado, Alves & Santurio (2006) ao avaliarem o efeito da inclusão de beta-glucano em dietas para coelhos acometidos

experimentalmente e de maneira controlada por ptiose encontraram efeito significativo do tratamento com beta-glucano sobre a atividade da enzima SOD.

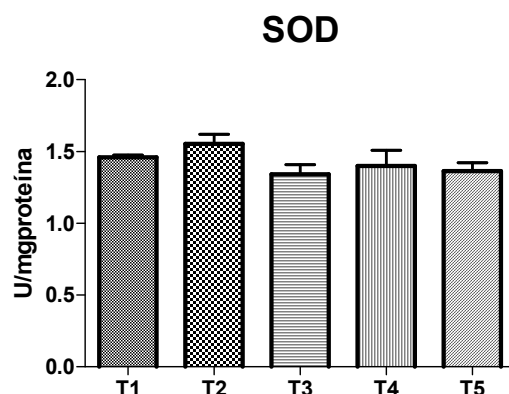


Figura 3 - Atividade da enzima SOD de acordo com os tratamentos com beta-glucanos para leitões de 21 a 60 dias de idade

A adição de compostos de potencial ação prebiótica às dietas nem sempre se reflete da mesma forma sobre a resposta biológica, o que pode estar relacionado com a dosagem adicionada ou com o nível de estresse do animal.

### 4.3. Resposta Imune

Os resultados do teste de ELISA de acordo com a densidade ótica (DO) e porcentagem de inibição encontram-se, respectivamente, nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Efeito de diferentes níveis de beta-glucano sobre a densidade ótica (DO) pelo teste de ELISA em diferentes tempos

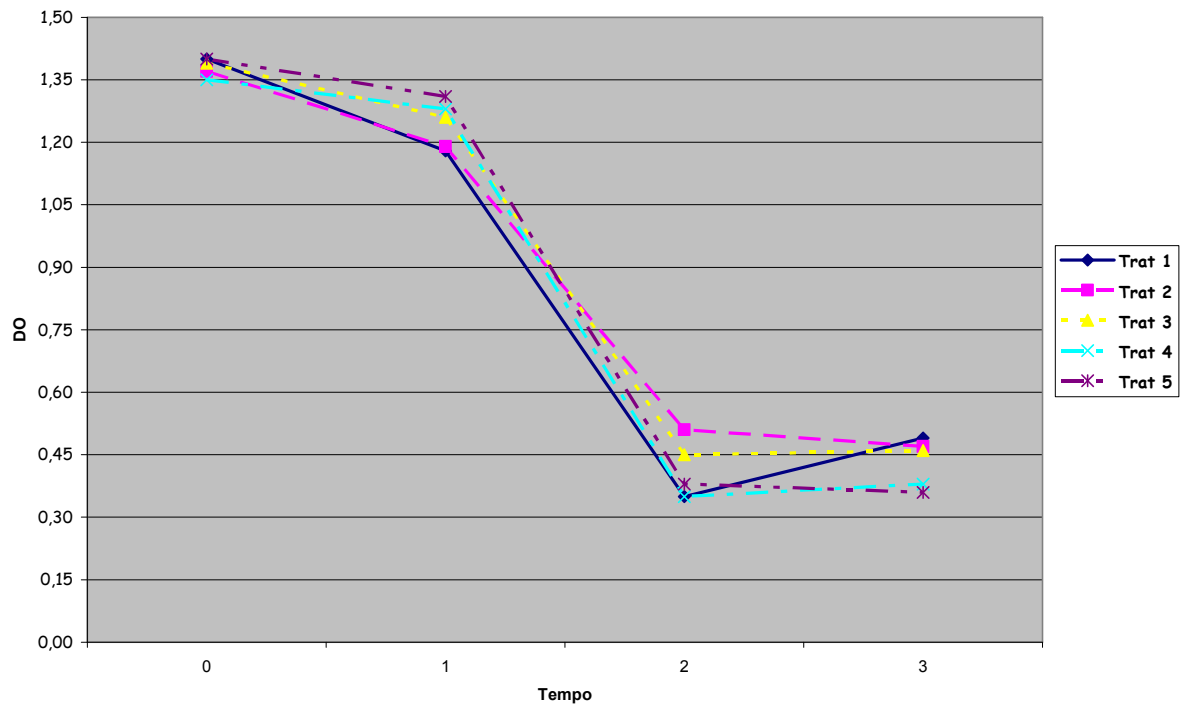
	t <sub>0</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>
Tratamento 1	1,40	1,18	0,35	0,49
Tratamento 2	1,37	1,19	0,51	0,46
Tratamento 3	1,39	1,26	0,46	0,50
Tratamento 4	1,35	1,28	0,35	0,38
Tratamento 5	1,40	1,31	0,38	0,36

Tabela 7 - Efeito de diferentes níveis de beta-glucanos sobre a porcentagem de inibição pelo teste de ELISA em diferentes tempos

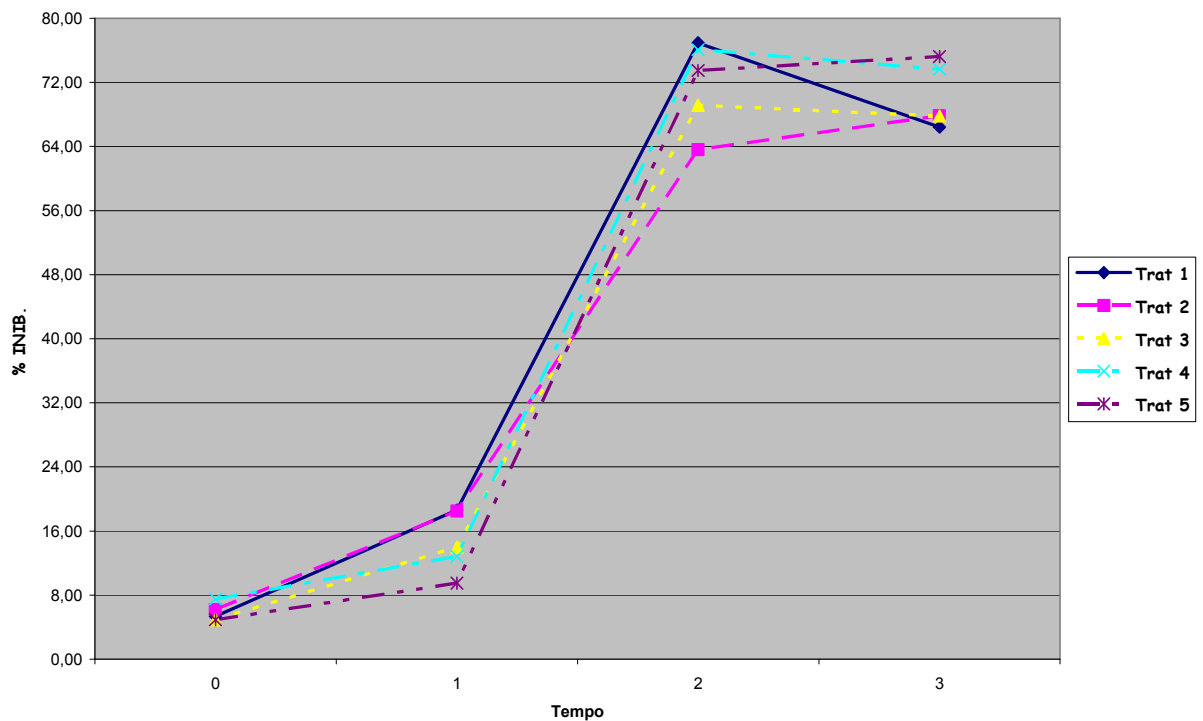
	t <sub>0</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>
Tratamento 1	5,32	18,61	76,94	66,40
Tratamento 2	6,18	18,49	63,61	68,65
Tratamento 3	4,94	13,92	68,60	64,99
Tratamento 4	7,50	12,82	76,09	73,65
Tratamento 5	4,91	9,47	73,48	75,22

Sabe-se que houve ativação do sistema imune, pois, ao teste de ELISA, 30 dias após a vacinação (t<sub>2</sub>) os animais foram considerados positivos para *M. hyopneumonia*. Entretanto, não houve efeito

(P>0,05) dos tratamentos sobre a densidade ótica e porcentagem de inibição demonstrados no teste de ELISA (figuras 4 e 5).



**Figura 4 - Densidade ótica pelo teste de ELISA em diferentes níveis de beta-glucanos em diferentes tempos**



**Figura 5 - Porcentagem de inibição pelo teste de ELISA em diferentes níveis de beta-glucanos em diferentes tempos**

Resultados estes, semelhantes aos relatados por Hiss & Sauerwein (2003), que concluíram que a suplementação com beta-glucano não resulta em nenhum efeito sobre a resposta imune à síndrome reprodutiva e respiratória de suínos. Em contrapartida aos resultados do presente trabalho, Hahn *et al.* (2006) verificaram que os títulos de anticorpos contra *Pasteurella multocida* tipo A e tipo D diferiram significativamente, o que resultou em aumento das células CD4. Os sorotipos A e D são os mais prevalentes em granjas coreanas e grandes variações de animal para animal na resposta à vacina podem ocorrer.

Os resultados encontrados, provavelmente, ocorreram pela condição experimental das instalações e o baixo desafio sofrido pelos animais. No entanto, a variabilidade da resposta imunológica sugere que mais estudos são necessários para confirmar se os beta-glucanos têm um papel diferencial na imunidade de suínos recém-desmamados.

#### 4.4. Morfometria intestinal:

Os resultados de morfometria intestinal (altura de vilosidade e profundidade de cripta) se encontram nas tabelas 8 e 9.

**Tabela 8: Efeito dos níveis de beta-glucanos sobre a altura de vilosidade e profundidade de cripta no duodeno de leitões**

	Altura de vilosidade (micra)	CV (%)	Profundidade de cripta (micra)	CV (%)
Tratamento 1	169,35		311,81	
Tratamento 2	187,31		274,85	
Tratamento 3	199,46	20,74	275,39	17,67
Tratamento 4	193,26		324,47	
Tratamento 5	143,94		332,81	

**Tabela 9: Efeito dos níveis de beta-glucanos sobre a altura de vilosidade e profundidade de cripta no jejuno de leitões**

	Altura de vilosidade (micra)	CV (%)	Profundidade de cripta (micra)	CV (%)
Tratamento 1	140,65		230,95	
Tratamento 2	140,98		226,02	
Tratamento 3	121,43	24,21	215,13	25,18
Tratamento 4	111,14		221,89	
Tratamento 5	122,58		260,76	

Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre a altura de vilosidade e profundidade de cripta no jejuno e no duodeno de leitões. Da mesma forma, Sanches (2004), ao trabalhar com antibióticos, prebióticos, probióticos ou simbióticos em rações para leitões, não encontrou diferenças significativas entre os tratamentos sobre a altura das vilosidades, a profundidade das criptas e a relação vilosidade/cripta no duodeno e jejuno dos

animais. Os resultados do presente trabalho também concordam com Chiquieri *et al.* (2007). Arantes *et al.* (2005) também não observaram alterações significativas entre os tratamentos para comprimento médio e largura média do vilo no jejuno e no duodeno. Porém, nos trabalhos de Arantes *et al.* (2005) a largura média do vilo e da cripta bem como a superfície da mucosa intestinal, no duodeno, aumentaram significativamente.

Provavelmente, a não observação de diferenças morfológicas se deve à grande variabilidade observada na morfometria intestinal entre os animais recém-desmamados, sendo uns mais, outros menos susceptíveis à mudança de dieta nessa fase. No período de desmame é que o leitão encontra numerosos desafios: separação da mãe e mudanças de alimentação (líquida para sólida) e de ambiente. Ao desmame, o intestino delgado de leitões geralmente sofre uma redução na altura das vilosidades e aumento na profundidade das criptas, mudanças que estão relacionadas com a reduzida capacidade de absorção. Outro fator que pode ter influenciado os resultados é o fato de os animais não terem sofrido algum desafio significativo para a realização do experimento. O pequeno tempo de administração dos aditivos e a adaptação e a seletividade da microbiota ao prebiótico também podem ter influenciado os resultados de morfometria.

## 5. CONCLUSÕES

A suplementação de beta-glucano melhora o ganho de peso e não influencia a atividade da enzima superóxido dismutase, a resposta imune nem a morfometria intestinal (altura de vilosidade e profundidade de cripta) de leitões de 21 a 60 dias de idade.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. H., SANTURIO, J. M. Efeito Biológico das Beta-Glucanas (Nutricell®, Biorigin) nos Tratamentos da Pitiose Experimental em Coelho. *Laboratório de Pesquisas Micológicas (LAPEMI) do Departamento de Microbiologia e Parasitologia da Universidade Federal de Santa Maria*. Relatório de pesquisa, Santa Maria (RS), 2006.

ARANTES, V. M., KAMIMURA, R., BELLETTI, M. E. *et al.* Efeitos de mananoligossacarídeos e colistina sobre a histomorfometria intestinal e níveis séricos

de IgG em leitões. Disponível em: <<http://www.alltech.com/Brasil>>. Acesso em: 15/06/2008.

BUDDINGTON, R.K. The use of nondigestible oligosaccharides to manage the gastrointestinal ecosystem. In: PIVA, A., BACK, KNUDESEN, K. E., LINDBERG, J. E. (Eds). *Gut environment of pigs*. Nottingham: Nottingham University, p. 133-147, 2001.

CERA, K. R., MAHAN, D. C., CROSS, R. F. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. *J. Anim. Sci.*, v. 66, p. 574-584, 1988.

CHIQUEIRI, J., SOARES, R. T. R. N., HURTADO NERY, V. L.3\*, CARVALHO, E.Q., COSTA, A. P. D. Bioquímica sangüínea e altura das vilosidades intestinais de suínos alimentados com adição de probiótico, prebiótico e antibiótico. *Rev. Bras. Saúde Prod. An.*, v.8, n.2, p. 97-104, 2007.

DRITZ, S. S., SHI, J., KIELIAN, T. L., GOODBAND, R. D. *et al.* Influence of Dietary  $\beta$ -Glucan on Growth Performance, Nonspecific Immunity and Resistance to *Streptococcus suis* Infection in Weanling Pigs. *J. Anim. Sci.*, v. 73, p. 3341-3350, 1995.

EICHER, S.D., MCKEE, C. A., CARROLL, J. A., PAJOR, E.A. Supplemental vitamin C and yeast cell wall  $\beta$ -glucan as growth enhancers in newborn pigs and as immunomodulators after an endotoxin challenge after weaning. *J. Anim. Sci.*, v. 84, p. 2352-2360, 2006.

FERNANDES, P. C. C.; MALAGUIDO, A.; SILVA, T. D.; JENSEN, B.B. Manejo nutricional visando substituir a utilização de antimicrobianos em alimentos para aves. In:

- SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2003, Campinas, SP. *Anais...* Campinas: CBNA, 2003. p. 135-166.
- FONTES, F. A. P. V., COELHO, S. G., COSTA, T. C. Efeitos da nutrição no sistema imune e na resistência a doenças. *Rev. Leite Integral*, Nesp, 2007.
- FORTIN, A., ROBERTSON, W. M., KIBITE, S., LANDRY, S. J. Growth performance, carcass and pork quality of finisher pigs fed oat-based diets containing different levels of  $\beta$ -glucans. *J. Anim. Sci.*, v. 81, p. 449-456, 2003.
- FUENTE, J. M., FERNANDÉZ, C., BLANCH, A. et al. Aditivos zootécnicos: alternativas a los antibióticos como promotores de crecimiento em porcino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 2005, Fortaleza, Brasil. *Anais...* Fortaleza: ABRAVES, 2005. p. 18-49.
- GEARY, T. M., BROOKS, P. H., BEAL, J. D. et al. Effect on weaner pig performance and diet microbiology of feeding a liquid diet acidified to pH 4 with either lactic or through fermentation with *Pediococcus acidilactici*. *J. Sci. Food Agric.*, v. 79, p. 633-640, 1999.
- GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.*, v. 125, p. 1401-1412, 1995.
- GODDEERIS, B. M., BOERSMA, W. J. A., COX, E. et al. The porcine and avian intestinal immune system and its nutritional modulation. In: BLOCK, M. C., VAHL, H. A., LANGE, L. et al. *Nutrition and health of the gastrointestinal tract*. Netherlands: Wageningen, 2002. Cap. 4, p. 97-134.
- HAHN, T. W., LOHAKARE, J. D., LEE, S. L., MOON, W. K., CHAE, B. J. Effects of supplementation of  $\beta$ -glucans on growth performance, nutrient digestibility and immunity weanling pigs. *J. Anim. Sci.*, v. 84, p. 1422-1428, 2006.
- HAMPSON, D. J. Attempts to modify changes in the piglet small intestine after weaning. *Research in Veterinary Science*, London, v. 40, n. 3, p.313-317, 1986.
- HEDEMANN, M. S., HOJSGAARD, S., JENSEN, B. B. Small intestine morphology and activity of intestinal peptidases in piglets around weaning. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, v. 87, p. 32-41, 2003.
- HISS, S.; SAUERWEIN, H. Influence of dietary  $\beta$ -glucan on growth performance, lymphocyte proliferation, specific immune response and heptoglobulin plasma concentration in pigs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, v. 87, p. 2-11, 2003.
- HOFFMAN, O.A., OLSON, E. J., LIMPER, A. H. Fungal beta-glucans modulate macrophage release of tumor necrosis factor alpha in response to bacterial lipopolysaccharide. *Immunol. Lett.*, v. 37, p. 19-25, 1993.
- HOHENSHELL, L. M., J. E. CUNNICK, S. P. FORD, H. G. KATTESH, D. R. ZIMMERMAN, M. E. WILSON, R. L. MATTERI, J. A. CARROLL, AND D. C. LAY, JR. Few differences found between early- and late-weaned pigs raised in the same environment. *J. Anim. Sci.*, v. 78, p. 38-49, 2000.
- JORGENSEN, J. B., ROBERTSEN, B. Yeast  $\beta$ -glucan stimulates respiratory burst activity on Atlantic salmon (*Salmon solar L.*) macrophages. *Dev. Comp. Immunol.*, v. 19, p. 43-57, 1995.
- JUNQUEIRA, L. C. U.; JUNQUEIRA, L. M. M. S. Técnicas básicas de citologia e



histologia. São Paulo: Universidade de São Paulo, 123 p, 1983.

KELLY, D., KING, T.P. Digestive physiology and development in pigs. In: VARLEY, M. A., WISEMAN, J. (Ed.). The weaner pig: nutrition and management. Nottingham, UK: CABI Publishing, 2001. cap. 9, p. 179-206.

LI, J., LI, D. F., XING, J. J., CHENG, Z. B., LAI, C. H. Effects of  $\beta$ -glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance and immunological and somatotrophic responses of pig challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *J. Anim. Sci.*, v. 84, p. 2374-2381, 2006.

LIMA, SOARES M.C., OLIVEIRA A.I.G., FIALHO E.T. Suinocultura. UFLA-Universidade Federal de Lavras / FAEPE-Fundação de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão. Lavras-MG, p.298, 1997.

LINDEMANN, M. D. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *J. Anim. Sci.*, v. 62, p. 1298-1307, 1986.

MACFARLANE, G.T.; CUMMINGS, J.H. Probiotics and prebiotics: can regulating the activities of intestinal bacteria benefit health? *BMJ*, London, v. 18, p. 999-1003, 1999.

MAIORKA, A.; SANTIN, E; SUGETA, S.M. *et al.* Utilização de prebióticos, probióticos ou simbióticos em dietas para frangos. *Rev. Bras. Ciênc. Avíc.*, v.3, p. 75-82, 2001.

McCRACKEN, B. A., GASKINS, H. R., RUWE-KAISER, P. J., KLASING, K. C. & JEWELL, D. E. Diet-dependent and diet-independent metabolic responses underlie growth stasis of pigs at weaning. *J. Nutr.*, v. 125, p. 2838-2845, 1995.

McCRACKEN, B.A., SPURLOCK, M. E., ROOS, M. A. et al. Weaning anorexia may contribute to local inflammation in the piglet small intestine. *J. Anim. Nutr.*, v. 129, p. 613-619, 1999.

MELLOS, S. Alternatives to antibiotics. *Pig Program*, v. 16, p. 18-21, 2000.

MENTEN, J. F. M. Aditivos alternativos na nutrição de aves: probióticos e prebióticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 2001, Porto Alegre, RS. *Anais...* Porto Alegre: ABRAVES, 2001. p. 364-373.

MOLLY, K. Formulation to solve the intestinal puzzle. *Pig Prog.*, v. 17, p. 20-22, 2001.

MOWAT, A. M. The regulation of immune responses to dietary protein antigens. *Immunol. Today*, v. 8, p. 93-98, 1987.

NABUURS, M. J. A. Microbiological, structural and a functional changes of the small intestine of the pigs at weaning. *Pig News Information*, v. 16, p. 93-97, 1995.

O'CONNELL, J. M., CALLAN, J. J., O'DOHERTY, J.V. The interaction between cereal type and lactose level on piglet performance and diet digestibility post weaning. *Anim. Sci.*, v. 81, p. 265-269, 2005.

PLUSKE, J. R., HAMPSON, D. J., WILLIAMS, J. H. Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review. *Liv. Prod. Sci.*, v. 51, p. 215-236, 1997.

RANVINDRAN, V., KORNEGAY, E. T. Acidification of weaner pig diets: A review. *J. Sci. Food Agric.*, v. 62, p. 313-322, 1993.

RIOPÉREZ, J.; SÁNCHEZ, C. P.; CANTAÑO, M. Estudio histopatológico Del ileon de lechones precocemente destetados

dependiente Del cereal utilizado em su alimentación. *Archivos de Zootecnia*, Cordoba, v. 40, n. 150, p. 261-271, 1991.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; FERES, F. A. *et al.* Utilização de probióticos e prebióticos em aves. In: *Prebióticos e probióticos: atualização e prospecção*. Viçosa: UFV, 2003. 206p.

ROSTAGNO, H. S. (Ed.). Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 2ª ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 186 p, 2005.

SANCHES, A. L. Probiótico, Prebiótico e Simbiótico em rações de leitões ao desmame. 2004. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

SANTOS, E. C., TEIXEIRA, A.S., DIAS, E. S. *et al.* Efeitos dos aditivos beneficiadores de crescimento sobre bactérias totais, pH intestinal e pH das rações de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife, PE. *Anais...* Recife: SBZ, 2002, CD-ROM.

SELJELID, R. L., RASMUSSEN, T., LARM, O., HOFFMAN, J. The protective effect of  $\beta$ 1-3D-glucan derivatized plastic beads against *Escherichia coli* infection in mice. *Scan. J. Immunol.*, v. 25, p. 55-60, 1987.

SIGMA ALDRICH CORPORATION. Superoxide Dismutase (SOD) and Oxidative Stress. Disponível em: <[http://www.sigmaaldrich.com/Area\\_of\\_Interest/Biochemicals/Enzyme\\_Explorer/Cell\\_Signaling\\_Enzymes/Superoxide\\_Dismutase.html](http://www.sigmaaldrich.com/Area_of_Interest/Biochemicals/Enzyme_Explorer/Cell_Signaling_Enzymes/Superoxide_Dismutase.html)>. Acesso em: 07/04/2008.

SILVA, E.N. Antibióticos intestinais naturais: bacteriocinas. In: SIMPÓSIO SOBRE ADITIVOS ALTERNATIVOS NA NUTRIÇÃO ANIMAL, 2000, Campinas. *Anais...* Campinas: CBNA, 2000. p. 15-24.

SMINK, W. Oregano oil boost. *Pig Progr.*, v. 19, p. 24-26, 2003.

SONCINI, R.A. Restrições do uso de aditivos na alimentação animal: expectativa da agroindústria. In: SIMPÓSIO SOBRE IMPLICAÇÕES SÓCIO-ECONÔMICAS DO USO DE ADITIVOS NA PRODUÇÃO ANIMAL, 1999, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: CBNA, 1999. p. 99-104.

SPRING, P. The effect of dietary mannanoligosaccharides on cecal parameters and the concentration of enteric bacteria in ceca of *Salmonella* – challenged broiler chicks. *Poult. Sci.*, v. 79, p. 205-211, 2000.

VIOLA, E. S., VIEIRA, S. L. Ácidos orgânicos e suas misturas em dietas de suínos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2003, Campinas. *Anais...* Campinas: CBNA, 2003, p. 255-284.

WEARY, D. M.; APPLEBY, M. C.; FRASER, D. Responses of piglets to early separation from the sow. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, v. 63 (4), p. 289-300, Apr. 1999.

YASUI, H.; OHWAKI, M. Enhancement of immune response in Peyer's patch cells cultured with *Bifidobacterium breve*. *J Dairy Sci*, Champaign, v. 74, n. 4, p.1187-1195, 1991.