

EMIÇÃO DE GASES NA PRODUÇÃO DE SUÍNOS, NAS FASES DE CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO

BRUNA DO NASCIMENTO AMORIM¹, PAULO ARMANDO V. DE OLIVEIRA²,
JORGE MANUEL R. TAVARES³

¹ Eng.^a. Sanitária e Ambiental, M.Sc., PPGEA-ENS-UFSC, Campus Universitário, Florianópolis, bnamorim.ens@gmail.com

² Eng. Agrícola, Dr. Pesq. Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, (49) 3441-0400, Paulo.Armando@embrapa.br

³ Eng. Zootecnista, M.Sc., PPGEA-ENS, UFSC, Campus Universitário, Florianópolis, jorgemrtavares@gmail.com

Apresentado no
XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2013
04 a 08 de Agosto de 2013 - Fortaleza - CE, Brasil

RESUMO: Os sistemas de produção de suínos contribuem com as emissões de Gases de Efeito Estufa (CO₂, N₂O e CH₄) e de NH₃, na atmosfera. No Brasil, foram desenvolvidos poucos trabalhos com a finalidade de medir as emissões destes gases. O objetivo do trabalho foi medir a emissão de gases na produção de suínos, nas fases de crescimento e terminação, em Santa Catarina. O estudo foi desenvolvido em granja comercial, considerada referência, devido ao seu sistema de gestão de água e manejo de dejetos. Na determinação das emissões dos gases gerados foi utilizada a metodologia proposta por ROBIN et al. (2010). Foram observados o consumo de água, ração e geração de dejetos, através da metodologia utilizada por TAVARES (2012). As médias e desvio padrão observados no consumo de água foram 7,32±1,31 L.animal⁻¹.d⁻¹ e de geração de dejetos 2,93±0,56 L.suíno⁻¹.d⁻¹. As concentrações médias dos gases (ppm) no interior da edificação foram 591,1 para CO₂, 8,24 para CH₄, 0,26 para N₂O e 1,32 para NH₃. Quanto ao fluxo médio de gases (g.suíno⁻¹.d⁻¹) determinados, na edificação suinícola, foram de 456±23 para CO₂, 34±20,3 para CH₄, 0,24±0,15 para N₂O, 3,04±1,77 para NH₃ e 13.776±7.202 mg.h⁻¹ para vapor de água.

PALAVRAS-CHAVE: suínos, emissões de gases, gases de efeito estufa.

EMISSION OF GASES IN SWINE PRODUCTION, IN THE GROWING AND FINISHING PHASES

ABSTRACT: The pig production systems contribute to the emission of greenhouse gases (CO₂, N₂O and CH₄) and NH₃ in the atmosphere. In Brazil, few studies have been developed with the aim of measuring emissions of these gases. The objective of this study was to measure the emission of gases into the building for pig production in the growing and finishing phases, in Santa Catarina. To perform the study was selected a livestock farm production, who is considered a reference to its system of water and waste management. In determining emissions of gases generated was used the methodology proposed by ROBIN et al. (2010). Were also observed water consumption, waste generation and feed through the methodology used by TAVARES (2012). The mean and standard deviation observed in water consumption were 7.32±1.31 L.suíno⁻¹.d⁻¹ and generation of manure 2.93±0.56 L.suíno⁻¹.d⁻¹. The mean gas concentrations (ppm) inside the building measurements were 591.1 for CO₂; 8.24 to CH₄; 0.26 to N₂O and 1.32 for NH₃. The average flow of gases (g.suíno⁻¹.d⁻¹) determined in building pig, were 456±23 for CO₂; 34±20.3 for CH₄; 0.24±0.15 for N₂O; 3.04±1.77 to NH₃ and 13,776±7,202 mg.h⁻¹ for water vapor.

KEYWORDS: swine production, emissions of gases, greenhouse gases.

INTRODUÇÃO

A emissão de gases resultante do processo de produção de suínos, aliado aos problemas da perda de nutrientes em estado líquido, constitui importante fonte de conflito entre os criadores e a sociedade (BELLI FILHO et al., 2007). A degradação biológica do material orgânico (fezes, urina e ração) produz gases que a partir de determinadas concentrações podem tornar-se tóxicos e afetar a saúde tanto animal quanto humana (ROBIN et al, 2010). Entre esses gases destacam-se principalmente o CH_4 , N_2O e CO_2 , além de outros gases que são compostos atmosféricos não considerados como Gases de Efeito Estufa (GEE), mas que têm efeito sobre as suas concentrações, como é o caso do NH_3 . A geração destes gases na suinocultura provém principalmente da respiração animal e do manejo dos dejetos. O conhecimento destas emissões gasosas passa a ser importante para minimizar a transferência de poluição versos o ar em casos de emissões elevadas (SAMPAIO & NÃÃS, 2012). As exigências do mercado no cenário internacional demandam que a produção animal, que deve estar baseada visando o bem-estar dos animais, a proteção ao meio ambiente e a legislação trabalhista. Estas exigências estão promovendo discussões em vários países, envolvendo principalmente as emissões de gases (ROBIN et al, 2010). Em sistemas de produção de suínos onde grande parte das edificações permanecem abertas na maior parte do dia, sendo que a renovação do ar no interior das instalações depende das condições naturais da ventilação, porém muitas vezes em grande parte do tempo o vento não é constante, pode até ser nulo, não será suficiente para dispersar o gás presente no ambiente dos animais (SAMPAIO & NÃÃS, 2012). A avaliação das emissões de CO_2 e NH_3 , em trabalho desenvolvido por SAMPAIO & NÃÃS (2012) em edificações de produção de suínos nas fases de creche e terminação, fornecem uma reflexão interessante sobre o assunto. CHANG et al. (2001) conduziram experimento, em Taiwan, estudando a produção de suínos em instalações típicas de região tropical (abertas nas laterais com possibilidade de fechamentos através de janelas e/ou cortinas), e verificaram que as concentrações de NH_3 e de CO_2 foram mais altas na terminação do que na creche, constatando grande dispersão nas medidas. Concluíram que nas instalações de tipologia abertas, a presença de poluentes é minimizada pelas características construtivas, resultando em menores concentrações quando comparadas às instalações de tipologia fechadas. TAKAI et al. (1998) descrevem que há uma relação direta entre a concentração de gases e o clima, sendo também uma função direta da ventilação que por sua vez é afetada por fatores como temperatura dentro e fora do prédio, geometria, número de animais alojados, manejo de animais e dejetos, dentre outros fatores.

A emissão de gases na produção de suínos tem sido estudada por diferentes pesquisadores, tanto na Europa como nos Estados Unidos, assim como diferentes metodologias tem sido propostas para a determinação destas emissões (ROBIN et al, 2010).

O trabalho teve como objetivo medir a emissão de gases de efeito estufa e amônia em uma unidade de produção de suínos, na fase fisiológica de crescimento e terminação.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em uma granja de produção de suínos localiza-se na microrregião de Concórdia, no meio oeste catarinense. Caracteriza-se como uma unidade de crescimento e terminação com capacidade de alojamento para 620 animais e mão-de-obra familiar. O consumo de água e a produção de dejetos foram avaliadas diariamente, sendo que suas características físico-químicas foram medidas semanalmente utilizando-se a metodologia proposta por TAVARES (2012).

Na determinação das emissões de gases gerados no interior e exterior da edificação foi utilizada a metodologia simplificada desenvolvida por ROBIN et al. (2006) e ROBIN et al. (2010). Este método simplificado permite calcular as emissões dos principais GEE gerados em um sistema de produção de suínos (CO_2 , CH_4 , N_2O), bem como de NH_3 . Segundo ROBIN

(2010) a metodologia permite o cálculo das emissões com controle dos seus erros em 20% a 30%, em valores anuais no sistema de produção de suínos. A produção de gases foi medida através de coletas semanais na unidade de produção, onde foi amostrada a concentração (ppm) dos diferentes gases presentes no ar ambiente, no interior e exterior das edificações, com tempo de duração de amostragem de 45 minutos, em média. Para maior representatividade das amostras, o ar do interior da edificação foi coletado a partir de cada uma das baias. O ar exterior foi captado ao longo de toda a extensão da edificação, em suas laterais, a uma distância aproximada de três metros do prédio também por quarenta e cinco minutos, em média. Após a coleta da amostra de ar em sacos TEDLAR, estes eram acondicionados em caixas isoladas termicamente e enviadas ao laboratório. Os gases foram medidos com o uso do analisador fotoacústico INNOVA 1412, sendo o equipamento configurado para fornecer leituras a cada minuto, obtendo-se um total de cinquenta leituras no interior e exterior das edificações, a cada amostragem.

A temperatura e a umidade relativa do ar foram obtidas com o uso de Data-logger TESTO modelo 174H, instalados no interior e exterior da edificação, sendo quatro equipamentos, dois no interior instalados na altura de 1,60 m do piso e dois no exterior a 2,50 m do solo. Esses equipamentos foram configurados para registrarem medidas de temperatura e umidade a cada 30 minutos.

As coletas dos dados referentes a velocidade do ar foram realizadas no sentido longitudinal, em cinco pontos distintos na edificação. Sendo, três em seu interior e dois no exterior. Em cada ponto foram realizadas varias leituras da velocidade do ar com o objetivo de obter-se a média da velocidade no momento da medida de emissão de gases, no interior e exterior da edificação conforme recomendação de ROBIN et al. (2006) e (2010).

Nos cálculos dos fluxos de gases, gerados na edificação, considerou-se a vazão de ar que sai da instalação, as características da massa volumétrica do ar e a diferença de concentração de gases entre o interior e o exterior da edificação expressos em concentração mássica tanto para o Nitrogênio (N) como para o carbono (C) conforme recomendação de ROBIN et al. (2010). Sendo usada as seguintes equações:

$$\varphi = Q_{ar} \times \rho_i \times (C_i^m - C_e^m) \quad (1)$$

onde, φ é a emissão de gás (exemplo: em mg N-NH₃.h⁻¹.animal⁻¹) estimada a partir da vazão do ar da edificação (Q_{ar} , m³.s⁻¹); ($C_i^m - C_e^m$) é a diferença das concentrações de gases (ppm) entre o interior e exterior da edificação; ρ_i é a conversão do volume do fluxo de ar que passa pela edificação em m³ para fluxo de massa em quilograma de ar seco por hora, que permite implementar as leis de conservação de massa e energia. Para calculá-lo, usamos a equação seguinte:

$$\rho_i = \left[\frac{P_{vap}}{47,1 \times (T_{ref} + t_i)} + \frac{P_{atm} - P_{vap}}{29,27 \times (T_{ref} + t_i)} \right] \times \frac{1}{grav} \quad (2)$$

onde, grav é a aceleração da gravidade (9,81m.s⁻¹); 47,1 e 29,27 são as duas constantes dos gases perfeitos para o vapor de água e para o ar seco; Tref é a temperatura do ponto critico da água (273,15 Kelvin); P_{vap} é a pressão parcial de vapor de água no ar, também conhecida como razão de mistura e Patm é a pressão da atmosfera.

A vazão de ar da edificação foi estimada em função das observações das velocidades do ar (m/s) no interior e exterior da edificações e pelas áreas laterais de abertura da edificação (m²) seguindo recomendações de ROBIN et al. (2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas médias observadas durante o período de experimentação foram de $24,5^{\circ}\text{C} \pm 2,15$ (máxima 28,1 e mínima de $19,9^{\circ}\text{C}$) no exterior da edificação e de $25,2^{\circ}\text{C} \pm 1,99$ (máxima 27,7 e mínima de $20,5^{\circ}\text{C}$) em seu interior (Tabela 1). As temperaturas observadas são características da região no período de verão, porém a média esta acima da faixa de conforto térmico dos animais na fase de crescimento e terminação para animais acima de 25 kg (entre 18 e 24°C), segundo Oliveira (1999).

Quanto à umidade relativa do ar, obteve-se a média de 67,4% (máxima 89,9 e mínima de 56,0 %) no interior da edificação e 68,3% (máxima 86,7 e mínima de 61,3 %) em seu exterior (Tabela 1). A umidade relativa do ar no interior da edificação, na maior parte dos dias de produção, esteve abaixo de 80% o que é um bom indicador para o ambiente interno da edificação, segundo Oliveira (1999). As médias observadas das velocidades do ar no interior e exterior da edificação, foram de 0,59 e $0,77\text{ m.s}^{-1}$, respectivamente. Sendo que as variações na velocidade interna, máximas e mínimas, foram de 1,15 a $0,26\text{ m.s}^{-1}$ internamente e de 1,92 a $0,19\text{ m.s}^{-1}$ externamente (Tabela 1).

TABELA 1. Dados médios, máximos e mínimos de temperatura, umidade e velocidade do ar durante as fases de crescimento e terminação de suínos em granja comercial, nas fases de crescimento e terminação. **Average, maximum and minimum dates of temperature, humidity and air velocity in commercial pig, in the growing and finishing phases.**

	<i>Temp Int</i> ($^{\circ}\text{C}$)	<i>UM Int</i> (%HR)	<i>Temp Ext</i> ($^{\circ}\text{C}$)	<i>UM Ext</i> (%HR)	<i>Vel Int</i> -----(m/s)-----	<i>Vel Ext</i> -----
Média	25,17	67,41	24,54	68,29	0,59	0,77
Máxima	27,71	89,98	28,10	86,67	1,15	1,92
Mínima	20,54	56,02	19,99	61,30	0,26	0,19
DP (\pm)	1,99	9,04	2,15	8,77	0,22	0,45

Temp Int e Temp Ext = Temperaturas Interna e Externa; UM Int e UM Ext = Umidade Relativa do ar Interno e Externo; Vel Int e Vel Ext = Velocidade do ar Interno e Externo; DP- Desvio Padrão.

As médias e desvio padrão observados no consumo de água foram $7,32 \pm 1,31\text{ L.animal}^{-1}.\text{d}^{-1}$ e de geração de dejetos $2,93 \pm 0,56\text{ L.suíno}^{-1}.\text{d}^{-1}$. Estes valores estão de acordo com estudos desenvolvidos por OLIVEIRA (2003) e TAVARES (2011), em que os autores determinaram o consumo de água e a geração de dejetos em unidades de crescimento e terminação de suínos. Os resultados demonstram que no sistema de produção de suínos estudado existe uma boa gestão no manejo dos dejetos e na água.

Na Tabela 2 encontra-se o desempenho zootécnico dos suínos observado durante o experimento. Os índices zootécnicos observados estão de acordo com os valores médios encontrados na produção de suíno em sistemas comerciais no oeste catarinense.

TABELA 2. Médias do desempenho de suínos na fase de crescimento e terminação em granja comercial, na fase de crescimento e terminação. **Averages of growing-finishing pig performance in commercial pig, in the growing and finishing phases.**

<i>Alojamento</i> -----(data)-----	<i>Abate</i> -----	<i>PMI</i> -----(kg)-----	<i>PMF</i> -----	<i>GPD</i> -----	<i>CR</i> (kg/suíno)	<i>CA</i> (kg/kg)	<i>Mort</i> (%)
10/10/2012	25/01/2013	27,65	114,96	0,83	206,05	2,36	1,78

PMI – peso médio inicial; PMF - peso médio final; GPD – ganho de peso médio diário; CR – consumo de ração; CA – conversão alimentar; Mort – mortalidade.

A concentração de gases (ppm) e o vapor d'água (mg.h^{-1}) observados dentro e fora da edificação durante a fase de crescimento e terminação de suínos encontra-se na Tabela 3.

No ambiente interno a concentração média observada de CO_2 foi de $591,07 \pm 45,13$

ppm e no ambiente externo a média encontrada foi de $558,94 \pm 53,37$ ppm (Tabela 3). Estes valores estão de acordo com os encontrados por ROBIN et al. (2010) e GUINGAND et al. 2011. Observa-se também que as concentrações de CO_2 no interior e exterior da edificação não ultrapassaram a 700 ppm durante o período de produção dos suínos. Este gás pode ser usado como padrão de comparação, e também como parâmetro determinante nas taxas mínimas de ventilação. Segundo recomendações de diferentes autores a máxima concentração de CO_2 no interior das edificações deve situar-se abaixo de 3.000 ppm (ROBIN et al., 2006).

TABELA 3. Dados médios, máximos, mínimos e desvios-padrões das concentrações de gases (ppm) e vapor d'água (mg.h^{-1}) na produção comercial de suínos, nas fases de crescimento e terminação.
Averages, maximum, minimum and standard error dates of greenhouse gas concentrations (ppm), and water vapor in commercial pig farming, in the growing and finishing phases.

	CO_2	CH_4	N_2O	NH_3	H_2O
	------(ppm)-----				(mg/hora)
Interno					
Média	591,07	8,24	0,26	1,32	15381,08
Máximo	687,61	21,14	0,29	2,46	19020,68
Mínimo	514,22	0,32	0,23	0,65	11563,60
DP (\pm)	45,13	5,33	0,02	0,53	2262,41
Externo					
Média	558,94	11,48	0,26	1,13	15313,51
Máximo	666,24	21,61	0,29	1,74	18450,67
Mínimo	466,69	3,64	0,24	0,55	11895,68
DP (\pm)	53,37	5,57	0,01	0,37	1520,40

CO_2 – dióxido de carbono; CH_4 – metano; N_2O – óxido nitroso; NH_3 – amônia; H_2O – vapor de água; DP – desvio padrão.

Quanto ao gás metano, a concentração média foi de $8,24 \pm 5,33$ e $11,48 \pm 5,57$ ppm no ambiente interno e externo, respectivamente. Os valores encontrados estão de acordo com ROBIN et al. (2010) e GUINGAND et al. (2011), encontrados em sistemas de produção de suínos.

Os valores para o óxido nitroso observados foram de $0,26 \pm 0,02$ ppm no ambiente interno e $0,26 \pm 0,01$ no ambiente externo. Os baixos valores encontrados para este gás devem-se à edificação suinícola estudada localizar-se distante da área de lavouras ou pastagem, na qual o produtor utiliza adubação orgânica, ou seja, as contribuições de N_2O geradas não interferem no ambiente interno de criação dos suínos, podendo ser considerado baixo.

Para os valores médio de amônia encontrada neste estudo, observou-se concentrações no ambiente interno de $1,32 \pm 0,53$. Isso ocorre pelo fato que nos dejetos líquidos (urina e fezes) o nitrogênio presente na urina é rapidamente convertido nitrogênio amoniacal (OLIVEIRA, 1999) e, como no interior da instalação ocorre acúmulo de dejetos, é esperado que as concentrações de amônia sejam superiores ao ambiente externo. Os resultados encontrados para o NH_3 (menores que 5 ppm) por SAMPAIO & NÃÃS (2012), para a fase de verão, são semelhantes aos encontrados neste trabalho.

As concentrações de vapor d'água ficaram $15.381,08 \pm 2.262,41$ e $15.313,51 \pm 1.520,40$ (mg.h^{-1}) no ambiente interno e externo, respectivamente. A proximidade entre estes valores está relacionada com o tipo de edificação estudada, que por ser aberta permite maior influencia das características das concentrações de umidade na massas de ar do meio externo sobre o ambiente interno.

Com os dados de concentração de gases observados e as características psicrométricas do ar, interno e externo, determinou-se o fluxo de gás no interior da edificação estudada, com intuito de obter esta variável produtiva em gramas de gás geradas por suíno diariamente em

função do ganho de peso destes animais. Tais valores foram gerados a partir da modelagem matemática usando os modelos propostos por ROBIN et al. (2010), (Tabela 4).

TABELA 4. Observações, médias e desvios-padrões do fluxo de gases, vapor d'água e amônia na produção comercial de suínos, nas fases de crescimento e terminação. **Observations, averages and standard error of greenhouse gas concentrations, water vapor and ammonia in commercial pig farming, in the growing and finishing phases.**

<i>Número de Observações</i>	<i>C-CO₂</i>	<i>C-CH₄</i>	<i>N-N₂O</i>	<i>N-NH₃</i>	<i>H₂O</i>
	-----(<i>g/suíno/dia</i>)-----				(<i>mg/hora</i>)
1	506,68	24,42	0,33	1,35	23.185,56
2	271,56	55,27	0,28	1,00	22.748,84
3	133,03	50,84	0,16	1,20	14.465,36
4	216,16	12,64	0,06	2,44	13.729,15
5	680,76	20,14	0,07	6,43	3.994,49
6	466,87	48,84	0,52	1,58	6.350,33
7	337,12	13,84	0,08	0,56	19.604,09
8	617,46	21,12	0,39	1,58	27.644,73
9	364,72	42,17	0,45	2,66	24.713,39
10	454,09	19,18	0,39	2,04	7.842,16
11	381,57	92,67	0,07	2,79	21.047,58
12	950,16	43,10	0,45	1,67	14.350,83
13	597,19	19,23	0,02	2,50	3.963,14
14	407,65	4,48	0,29	5,23	8.637,74
15	528,02	12,03	0,06	10,86	3.521,26
16	451,22	30,85	0,39	5,53	7.301,34
17	381,57	9,27	0,07	2,79	21.047,58
18	466,35	86,41	0,20	2,43	3.827,75
Média	456,23	33,69	0,24	3,04	13.776,41
DP (±)	129,29	20,38	0,15	1,77	7.202,26

CO₂ – dióxido de carbono; CH₄ – metano; N₂O – óxido nitroso; NH₃ – amônia; H₂O – vapor de água; DP – desvio padrão.

O fluxo médio obtido para o C-CO₂ foi de 456,23 g.suíno⁻¹.dia⁻¹, com desvio padrão de 129,29. O valor gerado esta de abaixo dos resultados obtidos por GUINGAND et al. (2009; 2011), que observaram valores entre 637 e 676 g.suíno⁻¹.dia⁻¹. Para o C-CH₄ observou-se 33,69 ± 20,38 g.suíno⁻¹.dia⁻¹. No experimento desenvolvido por GUINGAND et al. (2009; 2011) o fluxo médio de CH₄ observado ficou entre 7,38 e 10,1 g.suíno⁻¹.dia⁻¹, respectivamente. Foi observada durante o período do experimento, a existência de uma lagoa de tratamento anaeróbio próxima a unidade suinícola, além das canaletas do tipo fechadas usadas no manejo dos dejetos, situadas nas laterais da unidade. A formação de CH₄ durante o manejo dos dejetos suínos ocorre principalmente em condições anaeróbias. Desta forma, justifica-se a presença de concentrações mais altas de CH₄ no interior da edificação devido ao transporte feito através do ar das concentrações do gás presente nos arredores da instalação, o que pode ser observado na Tabela 3, comparando-se as concentrações internas e externas.

O fluxo médio encontrado para a amônia foi de 2,33 ± 1,24 g.suíno⁻¹.dia⁻¹. nos trabalhos desenvolvidos por GUINGAND et al. (2009; 2011) foram encontrados fluxos médios de N-NH₃ entre 8,9 e 10,8 g.suíno⁻¹.dia⁻¹, porém ROBIN et al. (2010) encontraram valores acima. Suspeita-se que a diferença encontrada, no experimento, entre os valores de fluxos de amônia e os da literatura pode ser explicada pelo fato que as edificações de produção de suínos na Europa são fechadas e ventiladas mecanicamente com uma vazão mínima de ar, o que provoca maior concentração de NH₃ no seu interior e no Brasil as instalações são abertas.

CONCLUSÕES

As concentrações média de gases no interior da edificação foram 591,07 para CO₂, 8,24 ppm para CH₄, 0,26 ppm para N₂O e 1,32 para NH₃, todas consideravelmente abaixo dos níveis toleráveis para a saúde animal e dos trabalhadores. Concentração de NH₃ pode ser considerada baixa em função da taxa de renovação de ar no interior da edificação.

Os fluxos de C-CO₂ e N-NH₃ podem ser considerados baixo, entretanto o fluxo para o C-CH₄ está acima dos níveis encontrados em edificações de produção de suínos na Europa.

As taxas de concentrações de gases encontradas demonstraram que há um bom fluxo de ar no interior da edificação e os dados obtidos com relação aos fluxos de gases são comparáveis a experimentos desenvolvidos em institutos internacionais.

REFERÊNCIAS

- BELLI FILHO, P.; SILVA, G. P.; SANTO, C. L.; LISBOA, H. M.; CARMO, G. N. J. **Avaliação de impactos de odores em bacias hidrográficas com produções de suínos**. Eng. Sanit. Ambient. [online]vol.12, n.3, pp. 252-258. 2007.
- GUINGAND, Nadine; LAGADEC, Solène; ROBIN, Paul; HASSOUNA, Mélynda. Mise au point d'une méthode de mesure simplifiée des émissions d'ammoniac et des gaz à effet de serre des bâtiments d'élevage de porcs en engraissement. **Journées Recherche Porcine**, 43, 199-203, 2011.
- GUINGAND, Nadine; QUINIOU, Natalie; COURBOULAV, Valérie. Emissions comparées d'ammoniac et de gás à effect de serre par des porcs charcutiers élevés au froid ser aillebotis partiel ou à la thermoneutralité sur caillebotis integral. **Journées Recherche Porcine**,42, 277-283, 2010.
- OLIVEIRA, P. A. V. de. **Comparaison des systèmes d'élevage des porcs sur litière de sciure ou caillebotis integral**. 1999. 264p. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, L'ENSAR, Université de Rennes, Rennes, France, 1999.
- OLIVEIRA, P.A.V. de, Modelo matemático para estimar a evaporação d'água contida nos dejetos, em sistemas de criação de suínos sobre cama de maravalha e piso ripado, nas fases de crescimento e terminação. [Mathematical model for estimating the water evaporation ...], **Journal of the Brazilian Society of Agricultural Engineering**, v.23, n.3, p.398-626, set/dez 2003.
- ROBIN, PAUL; HASSOUNA, M.; LELEU, C.; RAMONET, Y.; PAILLAT, J.-M. 2006 **Protocole de mesure simplifiée des émissuons gazeuses en élevage**. UMR Sol Agronomie Spatialisation/INRA.Rennes. 22 p. disponível em <http://www.rennes.inra.fr/umrsas/cnouvl.htm>
- ROBIN, Paul et al. Reference procedures for the measurement of gaseous emissions from livestock houses and storages of animal manure. **Final Report, ADEME**, FR, april, 2010. 260 p. (Contrat N. 0674C0018)
- SAMPAIO, C.A.P., NÃÃS, I.A., **Uma visão sobre a qualidade do ar em edificações para suínos**. (2001). Disponível em: <http://www.porkworld.com.br/artigos/post/uma-visao-sobre-a-qualidade-do-ar-em-edificacoes-para-suinos_10046>. Acesso em 25 de abril de 2013.
- TAKAI, H.; PEDERSEN S.; JOHNSEN, J.O. Concentrations and emissions of airborne dust in clivestock buildings in northern Europe. **Journal of Agricultural Engineering Research**., Londres, v.70,n.1, p.59-77, 1998.
- TAVARES, Jorge Manoel R. **Consumo de Água e Produção de Dejetos na Suinocultura em Santa Catarina**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2012. 233p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.