



Ciclicidade pós-desmame e protocolos de inseminação artificial em fêmeas suínas

Post-weaning cyclicity and artificial insemination protocols in swine females

Thomaz Lucia Jr.^{1,‡}, Bernardo Garziera Gasperin¹, Fernando P. Bortolozzo², Rafael da Rosa Ulguim²,

¹ReproPel, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão-RS, Brasil.

²Setor de Suínos, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Resumo

O prolongamento do intervalo desmame-estro (IDE) tem impacto sobre os protocolos de inseminação artificial (IA) e sobre a eficiência reprodutiva, devido ao acúmulo de dias não produtivos. Além de fatores estacionais e de manejo, protocolos baseados em hormonioterapia podem ser usados no controle da ciclicidade das fêmeas. A administração das gonadotrofinas coriônicas equina (eCG) e humana (hCG) após o desmame pode reduzir o IDE. A inseminação artificial em tempo fixo (IATF) é baseada na sincronização da ovulação, para que uma única IA seja executada por fêmea. Protocolos para leitões exigem sincronização prévia do estro com análogos de progesterona seguida de um indutor de ovulação, como o hormônio luteinizante suíno (pLH) ou um agonista do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH). Os protocolos para porcas desmamadas podem ser conduzidos apenas com análogos de GnRH, aplicados por via intramuscular ou intravaginal. O uso da IATF associado às técnicas de IA intrauterina e IA homospermica poderá resultar em substancial benefício econômico e genético devido à redução no número de espermatozoides em cada IA.

Palavras-chave: intervalo desmame-estro, eficiência reprodutiva, IATF, porcas.

Abstract

A prolonged WEI has an impact on artificial insemination (AI) management and reproductive efficiency due to the accumulation of non-productive days. Besides seasonal and management factors, hormone-based protocols can be used on the control of female cyclicity. Administration of equine and human chorionic gonadotrophins (eCG and hCG, respectively) after weaning can shorten the WEI. Fixed-time artificial insemination (FTAI) is based on synchronization of the ovulation, allowing a single AI to be conducted per female. Protocols of FTAI for gilts require previous estrous synchronization with progesterone analogs followed by an ovulation inductor, such as the porcine luteinizing hormone (pLH) or a gonadotrophin releasing hormone (GnRH) agonist. Protocols of FTAI for weaned sows can be conducted only using a GnRH agonist, applied either intramuscularly or intravaginally. The use of FTAI combined with both intrauterine and homospermic AI may result in substantial financial and genetic benefits due to the reduction in the number of spermatozoa per AI.

Key-words: weaning-estrus interval, reproductive efficiency, FTAI, sows.

Introdução

Em sistemas comerciais de produção de suínos, a eficiência reprodutiva é expressa pelo número de leitões desmamados/fêmea/ano, combinando a prolificidade das fêmeas, através do número de leitões desmamados por leitegada, com a sua fertilidade, através do número de partos/fêmea/ano (Dial et al., 1992). Este indicador é altamente influenciado pelo número de dias não produtivos (DNP) acumulados pelas fêmeas em períodos que não correspondem à gestação e lactação. O intervalo desmame-estro (IDE) é um dos períodos com maior contribuição para o acúmulo de DNP, refletindo a capacidade de retomada da ciclicidade das fêmeas após o desmame. Ao longo das últimas décadas, houve um grande incremento em termos de eficiência reprodutiva, viabilizando metas de desempenho em torno de 30 leitões desmamados/fêmea/ano (revisado por Koketsu et al., 2017). Este incremento se deve a um acréscimo na taxa de ovulações das fêmeas, em função de avanços no melhoramento genético, resultando em um aumento na prolificidade das matrizes e, indiretamente, também em uma substancial redução na proporção de fêmeas apresentando IDE prolongado (revisado por Kemp et al., 2018).

Intervenções no manejo podem ser direcionadas para o controle de diversos fatores de risco associados a ocorrência de IDE prolongado, com impacto sobre a definição dos protocolos de inseminação artificial (IA) realizados na rotina de granjas comerciais, uma vez que a maioria dos serviços envolve fêmeas desmamadas. Fêmeas com IDE prolongado apresentam maior frequência de estros de curta duração e menor intervalo entre o início do estro e a ovulação (Kemp e Soede, 1996; Lucia et al., 1999), com maior probabilidade de ocorrência de IA em período distante da ovulação, o que resulta em falhas reprodutivas (Hoshino e Koketsu et al., 2008), justificando a necessidade de ajustes nos protocolos de IA (Bortolozzo et al., 2015). Este artigo tem como objetivo revisar aspectos relacionado com a atividade cíclica de fêmeas suínas após o desmame e sua associação com os protocolos usados na IA.

[‡]Correspondência: tluciajr@gmail.com

Recebido: 20 de dezembro de 2018

Aceito: 22 de março de 2019



Intervalo desmame-estro (IDE)

O melhoramento genético não alterou a média histórica de duração do IDE, que se manteve em torno de 5 dias ao longo das últimas décadas (Lucia et al., 1999; Sechin et al., 1999; Corrêa et al., 2002; Vinsky et al., 2006). No entanto, houve um aumento na proporção de fêmeas com IDE curto, com manifestação de estro entre 3-6 dias pós-desmame, que ocorre atualmente entre 80-90% das fêmeas (revisado por Knox, 2016).

Durante a lactação, a presença dos leitões e o constante estímulo local sobre as glândulas mamárias devido à amamentação resultam em liberação de prolactina, ocitocina e opióides endógenos, que promovem retroalimentação negativa sobre o eixo hipotálamo-hipófise. Assim, a liberação do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) permanece em níveis basais, mantendo as fêmeas em anestro fisiológico.

O retorno da ciclicidade após o desmame é regulado a partir da alteração dos pulsos de liberação do GnRH e do hormônio luteinizante (LH), que passam a ter maior frequência e menor amplitude (revisado por Soede et al., 2011). Fêmeas com IDE curto apresentam um padrão fisiológico de secreção do LH, concluindo a lactação com uma população de folículos já em crescimento (Lucy et al., 2001), sendo mais responsivas a estímulos externos, como a exposição ao macho e alterações no manejo (Kemp et al., 2018). Por outro lado, em fêmeas com IDE prolongado (7 ou mais dias), os pulsos de liberação de LH não seguem o padrão fisiológico e o recrutamento dos folículos disponíveis nos ovários é mais tardio ou ineficiente (Kemp et al., 2018). Assim, em fêmeas com IDE longo, os sinais de estro podem ser menos característicos e expressos durante um período mais curto (Weitze et al., 1994; Kemp e Soede, 1996). Nestes casos, é mais provável que ocorra falta de sincronia entre a primeira IA e a ovulação, resultando em redução na taxa de parição e no tamanho da leitegada subsequente (Poleze et al, 2006; Hoshino e Koketsu, 2008; Tummaruk et al., 2010).

Quando os sinais de estro se mantêm ausentes por até 10 dias após o desmame, é possível que não existam receptores suficientes nos folículos para estes se tornem responsivos ao LH, caracterizando a condição de anestro (Quesnel e Prunier, 1995). No entanto, a ocorrência de anestro pode ser registrada erroneamente, quando uma manifestação de estro passar despercebida, devido a falhas na sua detecção.

Fatores de risco para o IDE

A associação entre a duração da lactação e o IDE, de certa forma, foi amenizada ao longo dos últimos anos. Embora o processo de seleção genética não tenha sido direcionado para fêmeas com IDE curto, o descarte de fêmeas com desempenho pós-desmame abaixo das metas consideradas desejáveis, indiretamente, contribuiu para selecionar populações de fêmeas com melhor resposta de ciclicidade aos desafios impostos pela lactação. Ainda que atualmente a maioria das fêmeas expressem sinais de estro em até 5 dias pós-desmame, independentemente da duração da lactação (Koketsu et al., 2017), IDE longos são mais frequentes após lactações mais curtas (no máximo, duas semanas), especialmente em primíparas (Koketsu e Dial, 1997; Knox e Rodriguez-Zaz, 2001). Isto é atribuído à supressão do desenvolvimento folicular e a um ambiente uterino inadequado para a sobrevivência embrionária. No entanto, atualmente a indústria da suinocultura tem adotado como rotina lactações em torno de 21 dias.

Durante a lactação, as fêmeas enfrentam um grande desafio metabólico. Mesmo recebendo alimentação *ad libitum* após a primeira semana da lactação (Koketsu e Dial, 1997), é inevitável que a maioria das fêmeas apresente catabolismo e substancial perda do seu peso corporal ao final da lactação. Quando houver excessiva perda de peso corporal, a frequência de fêmeas com IDE prolongado tende a aumentar, resultando em falhas reprodutivas (Thaker e Bilkei, 2005). Mesmo que continuem sendo alimentadas *ad libitum* com a dieta de lactação durante o IDE, as fêmeas desmamadas também sofrem perda relevante de peso corporal após o desmame.

Outro fator de risco relevante é a estacionalidade. Devido à sua limitada capacidade de dissipação de calor (Fraser, 1970), suínos são altamente suscetíveis a temperaturas elevadas. O estresse causado pelas altas temperaturas pode alterar a secreção de GnRH, prejudicando o desenvolvimento folicular e a função luteal (Bertoldo et al., 2012). Os efeitos estacionais podem levar ao prolongamento no IDE (Peltoniemi et al., 2000), o que pode se refletir em menor taxa de parição e redução no tamanho da leitegada (Xue et al., 1994).

A exposição a machos sexualmente maduros é uma das práticas de manejo usadas para incrementar a ciclicidade após o desmame, sendo associada com estímulo à liberação do LH, com reflexos sobre o crescimento folicular, a expressão do estro e a ovulação (Langendijk et al., 2000). Preferencialmente, a exposição ao macho deve ser diária, duas vezes ao dia. No entanto, é comum que granjas comerciais realizem este manejo somente uma vez ao dia, em função de limitações de mão de obra, o que em geral não altera o IDE.

Todas as associações citadas acima são influenciadas pela ordem de parto das fêmeas. O risco de problemas de ciclicidade após o desmame é menor em fêmeas com ordem de parto mais elevadas (Koketsu e Dial, 1997). Por outro lado, estes quadros podem ser exacerbados em primíparas (Thaker e Bilkei, 2005), que podem apresentar menores taxas de ovulação e de sobrevivência embrionária, caracterizando a síndrome do segundo parto, com maior taxa de retorno ao estro (Poleze et al, 2006) e queda na taxa de parição e no tamanho da leitegada (Hoving et al., 2012).



Manejo do desmame

A duração da lactação é definida por uma decisão de manejo, a partir do desmame dos leitões (Dial et al., 1992). Em suínos, o anestro fisiológico durante a lactação é mais característico do que em outras espécies de interesse econômico, pois, em geral, as fêmeas somente reúnem condições endócrinas que viabilizam uma nova concepção após o desmame, quando as concentrações séricas de gonadotrofinas se elevam e o desenvolvimento folicular é acelerado (Cox e Britt, 1982).

Manejos alternativos podem ser usados para influenciar a ciclicidade da fêmea após o desmame. Um destes manejos seria o desmame parcial, através do qual alguns leitões (geralmente os maiores e mais pesados) são desmamados antes, enquanto os leitões mais leves são desmamados após 2 a 3 dias (Zak et al., 2008; Terry et al., 2014). Outra alternativa seria o aleitamento intermitente (ou interrompido), através da separação dos leitões por algumas horas durante os dias que antecedem o desmame (Gerritsen et al., 2008; Chen et al., 2017). Ambos estes manejos são associados com uma maior frequência de fêmeas com IDE curto, trazendo benefícios para os leitões nascidos com baixo peso, que conseguem melhor acesso às glândulas mamárias, alcançando melhor ganho de peso. Por outro lado, com a redução dos estímulos locais sobre a glândula mamária, a intensidade do mecanismo de retroalimentação negativa sobre o eixo hipotálamo-hipófise é reduzida, podendo resultar em maior frequência de fêmeas expressando estro durante a lactação (Gerritsen et al., 2008; 2009).

Como o aumento na prolificidade das fêmeas não implicou em um aumento proporcional no número de glândulas mamárias funcionais, o prolongamento da lactação de matrizes utilizadas como mães de leite tornou-se frequente. Após essa lactação prolongada, as mães de leite podem parir leitegadas de tamanho semelhante ou até maiores do que as produzidas por matrizes submetidas a lactações convencionais (Bruun et al., 2016), mas poderão apresentar IDE mais longo. Esta prática contribui para um aumento no número de dias em lactação em nível populacional, que pode se refletir em redução no número de partos/fêmea/ano (Dial et al., 1992) e também pode trazer consequências negativas para o bem-estar das matrizes, devido ao catabolismo excessivo e ao aumento na ocorrência de lesões articulares (Knauer et al., 2007; Sørensen et al., 2016).

Em primíparas, o prolongamento do período pós-desmame pode ser benéfico na prevenção da síndrome do segundo parto (Kemp et al., 2018). Indiretamente, isto pode ser atingido pelo não aproveitamento do primeiro estro pós-desmame (*skip-a-heat*), resultando em um aumento no tamanho da leitegada subsequente (Clowes et al. 1994; Werlang et al. 2011). O eventual prolongamento do IDE pode alterar o fluxo de produção em granjas comerciais, acrescentando DNP correspondentes à duração de um ciclo estral e provocando variações nas datas dos serviços das fêmeas e, posteriormente, dos partos, formando grupos de fêmeas desmamadas com duração de lactação variável.

Hormonioterapia

Gonadotrofinas sintéticas, como a equina (eCG) e a humana (hCG), vem sendo usadas há décadas para estimular o crescimento folicular, a expressão de estro e a ovulação após o desmame (Bates et al., 1991; Sechin et al., 1999; Breen et al., 2006). Estes hormônios são eficientes para fêmeas em anestro após o desmame, especialmente para primíparas (Vargas et al., 2006). Porém, em nível populacional, apresentam efeitos discretos sobre o IDE e a frequência de fêmeas em estro em até 7 dias, quando usados em todas as fêmeas desmamadas (Breen et al., 2006), uma vez que seu uso em múltíparas não seria justificado. Em geral, estes protocolos hormonais são usados apenas pontualmente para a indução do estro após o desmame, quando o manejo de estímulo e detecção do estro não for eficiente.

Os grupos de fêmeas desmamadas também podem ser ajustados através da sincronização de partos com administração de prostaglandina F₂- α , comum na rotina do manejo da maternidade para ajustar a ocorrência de partos à disponibilidade de mão de obra (Weems et al., 2006; De Rensis et al., 2012). A sincronização dos partos também pode ser obtida através do prolongamento da gestação, atrasando o parto até um momento mais conveniente para o manejo da maternidade, pela manutenção de elevados níveis circulantes de progesterona, através de suplementação exógena. Esta suplementação pode ser feita por via oral (Werlang et al. 2011; Kemp e Soede, 2012) ou pela inserção de dispositivos intravaginais de liberação lenta, semelhantes aos utilizados em bovinos que, embora não sejam usados na rotina da produção de suínos, são viáveis para o controle da ciclicidade das fêmeas, não trazendo prejuízo para o seu desempenho reprodutivo subsequente (Gasperin et al., 2011; Freling et al., 2013; Haas et al., 2017).

Protocolos de IA ajustados à ciclicidade das fêmeas suínas

Ao longo das últimas décadas, o uso de IA cresceu em granjas comerciais de suínos, geralmente executada com sêmen resfriado, entre 24-72 h após a coleta (Johnson et al., 2000). No entanto, os protocolos de IA vem sendo ajustados aos padrões de ciclicidade das fêmeas e à necessidade de otimização da mão de obra. Assim, a maioria das granjas atualmente utiliza um intervalo de 24 h entre IA consecutivas, independentemente do IDE e da ordem de parto das fêmeas (Bennemann, et al., 2004; Bortolozzo et al., 2015). Ainda que a probabilidade de fecundação seja maior se a IA ocorrer no período entre 24 horas antes ou algumas horas após a ovulação, o uso de múltiplas IA (duas a três) por estro é comum, devido à longa duração do estro e à dificuldade na determinação do momento da ovulação



(Kemp e Soede, 1996). Porém, o desenvolvimento das técnicas de IA pós-cervical (Watson e Behan 2002), intrauterina (Vazquez et al., 2005) ou em tempo fixo (Cassar et al., 2005), sinaliza uma tendência de redução no número de espermatozoides por IA e no número de IA realizadas por estro.

Inseminação artificial em tempos fixo (IATF)

A técnica de IATF envolve a sincronização do estro e da ovulação, eliminando a necessidade de ajustar o momento da IA à detecção do estro e permitindo o uso de uma única IA. Uma vez que leitoas, em geral, apresentam um padrão de ciclicidade mais heterogêneo, protocolos de IATF seriam melhor adaptados às porcas desmamadas (Driancourt et al., 2013; Fontana et al., 2014; Knox et al., 2014), que demonstram algum nível natural de resposta sincronizada ao manejo do desmame.

Em leitoas, é necessária uma sincronização do estro anterior ao protocolo de IATF. Análogos da progesterona, associados ou não ao eCG, são usados para potencializar o desenvolvimento folicular e a expressão do estro, seguidos de um indutor de ovulação: análogos do GnRH; LH; ou hCG (Brüssow et al., 2007; Degenstein et al., 2008). Entre os indutores de ovulação, o LH suíno (pLH) é considerado mais eficiente do que o hCG (Degenstein et al., 2008). Em leitoas, a aplicação de pLH na submucosa vulvar, no momento da detecção do estro, resultou em redução no tamanho da leitegada, quando seguida de uma IATF 16 horas após (Ulguim et al., 2014), ou por declínio na taxa de parição, quando a IATF ocorreu após 12 horas (Ulguim et al., 2016).

Em porcas desmamadas, o uso de uma única IATF 24 horas após a aplicação de pLH por via intramuscular se mostrou eficiente, resultando em taxas de parição e tamanho de leitegada semelhantes aos observados após múltiplas IA (Fontana et al., 2014). Entretanto, resultados similares foram obtidos com uma IATF realizada 24 horas após a expressão do estro, sem o uso de pLH (Ulguim et al., 2016), sugerindo que um indutor de ovulação não seria necessário, o que permitiria que os protocolos possam ser adaptados à rotina de granjas comerciais, com a realização da IATF em um período mais curto após a detecção do estro.

Portanto, protocolos de IATF apenas com o uso de análogos do GnRH vem sendo testados, em função de sua ação sobre o eixo hipotálamo-hipófise-ovários. Dentre estes análogos, a busserelina pode ser aplicada por via intramuscular, em torno de 86 horas após o desmame, com IATF 30-33 horas após (Driancourt et al., 2013). Este protocolo resultou em desempenho semelhante ao observado para porcas inseminadas duas vezes durante o estro, porém a IATF é recomendada somente naquelas que expressarem sinais de estro (Driancourt et al., 2013; Baroncello et al., 2017).

Em função de possíveis restrições quanto ao bem-estar animal, vias alternativas à administração parenteral de hormônios vêm sendo investigadas, como a via intravaginal, já testada para produtos usados para antagonizar o efeito do GnRH (Gasparin et al., 2011; Freling et al., 2013; Haas et al., 2017). A via intravaginal foi testada para outro análogo do GnRH (triptorelina), administrado na forma de gel em torno de 96 horas pós-desmame, com realização da IATF após aproximadamente 24 horas em todas as fêmeas desmamadas, independentemente da expressão de estro (Knox et al., 2014; Ulguim et al., 2018). Contudo, este protocolo também é considerado mais eficiente para fêmeas que expressarem estro.

Em protocolos de IATF, a sincronização da ovulação tende a minimizar falhas na detecção do estro e permite a redução no número de IA por fêmea (Driancourt et al. 2013). Este cenário se reflete em maior eficiência no uso de recurso humanos em granjas comerciais (Bortolozzo et al., 2015) e em maior eficiência econômica nas unidades centrais de coleta e processamento de sêmen, devido a diminuição no número de doses de sêmen a serem processadas (Knox et al., 2016). Se IATF for praticada pela via intrauterina, além da redução no número de IA por estro, também deverá ocorrer redução na concentração de espermatozoides por IA (Watson e Behan, 2002). Ainda é importante considerar a tendência de padronização das IA com doses homospérmicas, que permitem garantir a identidade da paternidade das leitegadas, com desempenho semelhante ao obtido com IA heterospérmica (Ferreira et al., 2014).

Portanto, em um futuro não muito distante, os programas comerciais de IA poderão ser baseados em uma única IATF por fêmea, pela via intrauterina, com dose homospérmica contendo a menor concentração viável de espermatozoides (Fontana et al., 2014). Desta forma, um menor número de reprodutores com alto mérito terá sua contribuição potencializada para um grande número de fêmeas e diferenças no seu potencial reprodutivo serão mais evidentes (Ferreira et al., 2014), justificando o uso de métodos mais precisos para estimar sua potencial fertilidade (Knox et al., 2016).

Conclusão

O controle da ciclicidade é fundamental para a definição de protocolos eficazes de inseminação artificial em suínos. Além do manejo dos fatores de risco associados à lactação e ao desmame, o uso de hormonioterapia pode auxiliar na redução do intervalo desmame-estro. Estratégias de controle da ovulação podem viabilizar o uso de uma única inseminação artificial em tempo fixo, permitindo o uso mais eficiente de reprodutores com maior potencial reprodutivo.



Referências

- Baroncello E, Bernardi ML, Kummer AD, Wentz I, Bortolozzo FP.** Fixed-time post-cervical artificial insemination in weaned sows following busserelin use combined with/without eCG. *Reprod Dom Anim*, v.52, p.76-82, 2017.
- Bates OR, Day BN, Britt JH, Clark LK, Brauer MA.** Reproductive performance of sows treated with a combination of pregnant mare's serum gonadotropin and human chorionic gonadotropin at weaning in the summer. *J Anim Sci*, v.69, p.894-988, 1991.
- Bennemann PE, Milbradt E, Diehl GN, Weber D, Schmidt ACT, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo FP.** Reproductive performance of sows submitted to intrauterine insemination at different preovulatory intervals. *Anim Reprod*, v.1, p.106-110, 2004.
- Bertoldo MJ, Holyoake PK, Evans G, Grupen CG.** Seasonal variation in the ovarian function of sows. *Reprod Fert Dev*, v.24, p.822-834, 2012.
- Bortolozzo FP, Menegat MB, Mellagi APG, Bernardi ML, Wentz I.** New artificial insemination technologies for swine. *Reprod Dom Anim*, v.50 (Suppl. 2), p.80-84, 2015.
- Breen SM, Rodriguez-Zas SL, Knox RV.** Effect of PG600 and adjusted mating times on reproductive performance in weaned sows. *Anim Reprod Sci*, v.93, p.157-164, 2006.
- Brüssow KP, Schneider F, Tuchscherer A, Rátky J, Kraeling RR, Kanitz W.** Luteinizing hormone release after administration of the gonadotropin-releasing hormone agonist Fertilan (goserelin) for synchronization of ovulation in pigs. *J Anim Sci*, v.85, p.129-137, 2007.
- Bruun TS, Amdi C, Vinther J, Schop M, Strathe AB, Hansen CF.** Reproductive performance of "nurse sows" in Danish piggeries. *Theriogenology*, v.86, p.981-987, 2016.
- Cassar G, Kirkwood RN, Poljak Z, Bennett-Steward K, Friendship RM.** Effect of single or double insemination on fertility of sows bred at an induced estrus and ovulation. *J Swine Health Prod*, v.13, p.254-258, 2005.
- Chen TY, Turpin DL, Knight AL, Bouwman EG, Soede NM, Kirkwood RN, Langendijk P.** Lactational oestrus and reproductive performance following a delayed limited nursing schedule in primiparous sows. *Theriogenology*, v.96, p.42-48, 2017.
- Clowes EJ, Aherne FX, Foxcroft GR.** Effect of delayed breeding on the endocrinology and fecundity of sows. *J Anim Sci*, v.72, p.283-291, 1994.
- Corrêa MN, Lucia T Jr., Afonso JAB, Deschamps JC.** Reproductive performance of early-weaned female swine according to their estrus profile and artificial insemination frequency. *Theriogenology*, v.58, p.103-112, 2002.
- Cox NM, Britt JH.** Pulsatile administration of gonadotropin releasing hormone to lactating sows: endocrine changes associated with induction of fertile estrus. *Biol Reprod*, v.27, p.1126-1137, 1982.
- Degenstein KL, O'Donoghue R, Patterson JL, Beltranena E, Ambrose DJ, Foxcroft GR, Dyck MK.** Synchronization of ovulation in cyclic gilts with porcine luteinizing hormone (pLH) and its effects on reproductive function. *Theriogenology*, v.70, p.1075-1085, 2008.
- De Rensis F, Saleri R, Tummaruk P, Techakumphu M, Kirkwood RN.** Prostaglandin F2 α and control of reproduction in female swine: a review. *Theriogenology*, v.77, p.1-11, 2012.
- Dial GD, Marsh WE, Polson DD, Vaillancourt J-P.** Reproductive failure: differential diagnosis. In: Leman AL, Straw BE, Mengeling WL, D'Allaire S, Taylor DJ. (Eds.), *Diseases of swine*, 7th ed. Ames, Iowa: State University, Des Moines, IA, EUA. p.88-137, 1992.
- Driancourt MA, Cox P, Rubion S, Harnois-Milon G, Kemp B, Soede NM.** Induction of an LH surge and ovulation by busserelin (as Receptal) allows breeding of weaned sows with a single fixed-time insemination. *Theriogenology*, v.80, p.391-399, 2013.
- Ferreira CER, Sávio DB, Guarise AAC, Flach MJ, Gastal GDA, Gonçalves AO, Dellagostin AO, Alonso RV, Bianchi I, Corcini CD, Lucia T. Jr.** Contribution of boars to reproductive performance and paternity after homospermic and heterospermic artificial insemination. *Reprod Fert Dev*, v.27, p.1012-1019, 2014.
- Fontana DL, Ulguim RR, Sbardella PE, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo FP.** Fixed-time post-cervical artificial insemination in sows receiving porcine luteinizing hormone at oestrus onset. *Anim Reprod Sci*, v.144, p.109-114, 2014.
- Freling GF, Gasperin BG, Ferreira R, Cesaro MP, Oliveira JFC, Bordignon V, Gonçalves PBD.** Delaying farrowing using intravaginal devices impregnated with progesterone does not affect the proportion of piglets born alive. *Ciência Rural*, v.43, p.1258-1264, 2013.
- Fraser AF.** Studies on heat stress in pigs in a tropical environment. *Trop Anim Health Prod*, v.2, p.76-86, 1970.
- Gasperin BG, Freling GF, Ferreira R, Oliveira JFC, Bordignon V, Gonçalves PBD.** Intravaginal progesterone for estrus and parturition control in sows. *Pesq Agrop Bras*, v.46, p.961-964, 2011.
- Gerritsen R, Soede NM, Hazeleger W, Langendijk P, Dieleman SJ, Taverne MAM, Kemp B.** Intermittent suckling enables estrus and pregnancy during lactation in sows: effects of stage of lactation and lactation during early pregnancy. *Theriogenology*, v.71, p.432-440, 2009.
- Gerritsen R, Soede NM, Langendijk P, Dieleman SJ, Hazeleger W, Kemp B.** Peri-oestrus hormone profiles and follicle growth in lactating sows with oestrus induced by intermittent suckling. *Reprod Dom Anim*, v.43, p.1-8, 2008.



- Haas CS, Santos MQ, Rovani MT, Santos JT, Melaggi APG, Bortolozzo FP, Gasperin BG, Gonçalves PBD.** Prepartum progestagen supplementation in swine: a strategy to facilitate piglet care and prevent early parturition. *2017. Ciência Rural*, v.47, e20170380, 2017.
- Hoshino Y, Koketsu Y.** A repeatability assessment of sows mated 4-6 days after weaning in breeding herds. *Anim Reprod Sci*, v.108, p.22-28, 2008.
- Hoving LL, Soede NM, Feitsma H, Kemp B.** Lactation weight loss in primiparous sows: consequences for embryo survival and progesterone and relations with metabolic profiles. *Reprod Dom Anim*, v.47, p.1009-1016, 2012.
- Johnson LA, Weitze KF, Fiser P, Maxwell WMC.** Storage of boar semen. *Anim Reprod Sci*, v.62, p.143-172, 2000.
- Kemp B, Soede NM.** Should weaning be the start of the reproductive cycle in hyper-prolific sows? A physiological view. *Reprod Dom Anim*, v.47(Suppl. 4), p.320-326, 2012.
- Kemp B, Soede NM.** Relationship of weaning-to-estrus interval to timing of ovulation and fertilization in sows. *J Anim Sci*, v.74, p.944-949, 1996.
- Kemp B, Da Silva CLA, Soede NM.** Recent advances in pig reproduction: focus on impact of genetic selection for female fertility. *Reprod Dom Anim*, v.53(Suppl. 2), p.28-36, 2018.
- Knauer M, Stalder KJ, Karriker L, Baas TJ, Johnson C, Serenius T, Layman L, McKean JD.** A descriptive survey of lesions from cull sows harvested at two Midwestern US facilities. *Prev Vet Med*, v.82, p.198-212, 2007.
- Knox RV.** Artificial insemination in pigs today. *Theriogenology*, v.85, p.83-93, 2016.
- Knox RV, Rodriguez-Zas SL.** Factors influencing estrus and ovulation in weaned sows as determined by transrectal ultrasound. *J Anim Sci*, v.79, p.2957-2963, 2001.
- Knox RV, Taibl JN, Breen SM, Swanson ME, Webel SK.** Effects of altering the dose and timing of triptorelin when given as an intravaginal gel for advancing and synchronizing ovulation in weaned sows. *Theriogenology*, v.82, p.379-386, 2014.
- Koketsu Y, Dial GD.** Factors influencing the postweaning reproductive performance of sows on commercial farms. *Theriogenology*, v.47, p.1445-1461, 1997.
- Koketsu Y, Tani S, Iida R.** Factors for improving reproductive performance of sows and herd productivity in commercial breeding herds. *Porc Health Manag*, v.3, p.1-10, 2017.
- Langendijk P, van den Brand H, Soede NM, Kemp B.** Effect of boar contact on follicular development and on estrus expression after weaning in primiparous sows. *Theriogenology*, v.54, p.1295-1303, 2000.
- Lucia T Jr., Corrêa MN, Deschamps JC, Peruzzo IA, Matheus JEM, Aleixo JAG.** Influence of equine chorionic gonadotropin on weaning-to-estrus interval and estrus duration in early-weaned primiparous female swine. *J Anim Sci*, v.77, p.3163-3167, 1999.
- Lucy MC, Liu J, Boyd CK, Bracken CJ.** Ovarian follicular growth in sows. *J Reprod Fert (Suppl.)* v.58, p.31-45, 2001.
- Peltoniemi OAT, Tast A, Love RJ.** Factors effecting reproduction in the pig: seasonal effects and restricted feeding of the pregnant gilt and sow. *Anim Reprod Sci*, v.60-61, p.173-184, 2000.
- Poleze E, Bernardi ML, Amaral Filha WS, Wentz I, Bortolozzo FP.** Consequences of variation in weaning-to-estrus interval on reproductive performance of swine females. *Liv Sci*, v.103, p.124-130, 2006.
- Quesnel H, Prunier A.** Endocrine bases of lactational anoestrus in the sow. *Reprod Nutr Dev*, v.35, p.395-414, 1995.
- Sechin A, Deschamps JC, Lucia T Jr., Aleixo JAG, Bordignon V.** Effect of equine chorionic gonadotropin on weaning-to-first service interval and litter size of female swine. *Theriogenology*, v.51, p.1175-1182, 1999.
- Soede NM, Langendijk P, Kemp B.** Reproductive cycles in pigs. *Anim Reprod Sci*, v.124, p.251-258, 2011.
- Sørensen JT, Rousing T, Kudahl AB, Hanstedt HJ, Pedersen LJ.** Do nurse sows and foster litters have impaired animal welfare? Results from a cross-sectional study in sow herds. *Animal*, v.10, p.681-686, 2016.
- Terry R, Kind KL, Lines DS, Kennett TE, Hughes PE, van Wettere WHEJ.** Lactation estrus induction in multi- and primiparous sows in an Australian commercial pork production system. *J Anim Sci*, v.92, p.2265-2274, 2014.
- Thaker MYC, Bilkei G.** Lactation weight loss influences subsequent reproductive performance of sows. *Anim Reprod Sci*, v.88, p.309-318, 2005.
- Tummaruk P, Tantasuparuk W, Techakumphu M, Kunavongkrit A.** Influence of repeat-service and weaning-to-first-service interval on farrowing proportion of gilts and sows. *Prev Vet Med*, v.96, p.194-200, 2010.
- Ulguim RR, Bortolozzo FP, Wentz I, Johnston ME, Webel SK, Arend L, Knox RV.** Ovulation and fertility responses for sows receiving once daily boar exposure after weaning and OvuGel® followed by a single fixed time post cervical artificial insemination. *Theriogenology*, v.105, p.27-33, 2018.
- Ulguim RR, Fontana DL, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo FP.** Single fixed-time artificial insemination in gilts and weaned sows using pLH at estrus onset administered through vulvar submucosal route. *Theriogenology*, v.86, p.1072-1080, 2016.
- Ulguim RR, Fontana DL, Rampi JZ, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo FP.** Use of porcine luteinizing hormone at oestrous onset in a protocol for fixed-time artificial insemination in gilts. *Reprod Dom Anim*, v.49, p.756-760, 2014.
- Vargas AJ, Bernardi ML, Wentz I, Borchardt Neto G, Bortolozzo FP.** Time of ovulation and reproductive performance over three parities after treatment of primiparous sows with PG600. *Theriogenology*, v.66, p.2017-



2023, 2006.

Vazquez JM, Martinez EA, Roca J, Gil MA, Parrilla I, Cuello C, Carvajal G, Lucas X, Vazquez JL. Improving the efficiency of sperm technologies in pigs: the value of deep intrauterine insemination. *Theriogenology*, v.63, p.536-547, 2005.

Vinsky MD, Novak S, Dixon WT, Dyck MK, Foxcroft GR. Nutritional restriction in lactating primiparous sows selectively affects female embryo survival and overall litter development. *Reprod Fert Dev*, v.18, p.347-355, 2006.

Watson PF, Behan JR. Intrauterine insemination of sows with reduced sperm numbers: results of a commercially based field trial. *Theriogenology*, v.57, p.1683-1693, 2002.

Weems CW, Weems YS, Randel RD. Prostaglandins and reproduction in female farm animals. *The Vet J*, 171, 206-228, 2006.

Weitze KF, Wagner-Rietschel H, Richter LH, Waberski D. The onset of heat after weaning, heat duration, and ovulation as major factors in AI timing in sows. *Reprod Dom Anim*, v.29, p.433-443, 1994.

Werlang RF, Argenti LE, Fries HCC, Bernardi ML, Wentz I, Bortolozzo FP. Effects of breeding at the second oestrus or after post-weaning hormonal treatment with altrenogest on subsequent reproductive performance of primiparous sows. *Reprod Dom Anim*, v.46, p.818-823, 2011.

Xue JL, Dial GD, Marsh WE, Davies PR. Multiple manifestations of season on reproductive performance of commercial swine. *J Amer Vet Med Assoc*, v.204, p.1486-1489, 1994.

Zak L, Foxcroft GR, Aherne FX, Kirkwood RN. Role of luteinizing hormone in primiparous sow responses to split weaning. *Reprod Dom Anim*, v.43, p.445-450, 2008.
