

## **II – Ciência, Tecnologia e Ciências Agrárias**

## **PROCESSO DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANA (PSM): APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA NA INDÚSTRIA LÁCTICA**

### *MEMBRANE SEPARATION PROCESS (PSM): APPLICATION OF TECHNOLOGY INDUSTRY LACTIC*

**Jânio Sousa Santos, Laércio Galvão Maciel e Vitória Nazaré Costa Seixas**  
*Universidade do Estado do Pará - UEPA*

---

#### **RESUMO**

A indústria de alimentos se caracteriza por ser uma indústria intensiva em tecnologia, mas as inovações nessa área são, frequentemente, incrementais, cuja dinâmica é baseada em novas combinações do conhecimento existente. Dentre os diversos setores da indústria alimentícia, o setor lácteo exerce um importante papel para a economia brasileira e destaca-se entre os quatro principais. A partir do crescimento significativo desse setor três pontos merecem maior atenção sendo eles: intolerância/alergia a proteína (caseína) ou à lactose o co-produto soro e a água residual. Afim de minimizar e sanar esses entraves na indústria os processos de separação por membranas (PSM) vêm sendo utilizadas nas indústrias com a finalidade de separar, purificar ou concentrar determinados componentes da mistura de interesse. O presente trabalho tem por objetivo trazer à tona a importância e a utilização do processo de ultrafiltração no setor lácteo. Foi delimitado uma abordagem qualitativa para a pesquisa, a qual deu-se através de pesquisa documental e bibliográfica. As tecnologias de ultrafiltração vem proporcionado grandes avanços no que diz respeito a tecnologia em produtos lácteos e tornando capaz o trabalho com materiais que anteriormente eram considerados como resíduos nas agroindústrias como tratamento de soro de leite, salmoura e água residual de laticínios entre outros.

**Palavras-chave:** leite, soro ultrafiltração.

#### **ABSTRACT**

The food industry is characterized by being a industry intensive technology , but the innovations in this area are often incremental, whose dynamics is based on new combinations of existing knowledge. Among the various sectors of the food industry, the dairy sector plays an important role in the Brazilian economy and stands out among the top four. Starting from the significant growth in this sector three points deserve more attention being: intolerance / allergy to protein (casein) or lactose, coproduct whey and waste water. In order to minimize and solve these barriers industry in the processes membrane separation (PSM) have been used in industry with the aim to separate, purify or concentrate determined components in the mixture of interest. The present work aims to bring to the fore the importance and the use of ultrafiltration in the dairy sector. Was delimited a qualitative approach to research, which gave through archival and bibliographic research .The ultrafiltration technology has provided great advances with regard to technology in dairy and becoming able to work with materials that were previously considered as waste in agro industries processing as whey, brine and residual water dairy este others.

**Keywords:** milk, whey, ultrafiltration.

Recebido em 15/09/2014. Aceito em 12/11/2014. Publicado em 14/01/2015.

## INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos se caracteriza por ser uma indústria intensiva em tecnologia, mas as inovações nessa área são, frequentemente, incrementais, cuja dinâmica é baseada em novas combinações do conhecimento existente e/ou por relações tecnológicas com outras indústrias, sendo assim, uma atividade econômica importante para a maioria das economias do mundo, uma vez que o comércio internacional de produtos alimentares finais é relativamente menor, se comparado com o comércio de produtos de baixo processamento e de commodities (GIANEZINI et al., 2012, GEHLHAR & REGNI, 2005).

Dentre os diversos setores da indústria alimentícia, o setor lácteo exerce um importante papel para a economia brasileira e destaca-se entre os quatro principais (a liderança, neste caso, fica com o setor de derivados de carne), estima-se que a participação dos laticínios no faturamento total da indústria de alimentos seja de aproximadamente 10%, encerrando o ano de 2011 com uma produção total próxima de 31 bilhões de litros, um modesto crescimento de 1% em relação ao ano de 2010. (CARVALHO, 2010; RUBEZ, 2012).

Carvalho, (2010) ressalta que a cadeia produtiva do leite possui uma complexidade ímpar dentro da indústria de alimentos. Essa complexidade vai desde a produção primária até a indústria de transformação. Isso sem falar na necessidade de desenvolvimento de novos produtos e processos, já que a concorrência é cada vez maior e transcende fronteiras.

A partir do crescimento significativo desse setor três pontos merecem maior atenção sendo eles: intolerância/alergia a proteína (caseína) ou à lactose o co-produto soro e a água residual.

Quanto a esses três pontos, Faedo et al., (2013) relata que a intolerância à proteína (caseína) ou à lactose é um dos principais fatores para o não consumo do leite por muitos indivíduos. Pereira, (2009) ressalta que o soro de leite possui alto valor nutricional e tecnológico, por isso, as indústrias têm grande interesse em recuperá-las para a incorporação em produtos lácteos e não lácteos. Contudo Boschi (2006) explica que o descarte do soro direto ou indiretamente nos cursos dos rios, sem qualquer tipo de tratamento gera um grande problema ambiental, pois o potencial poluidor do soro de queijo é aproximadamente cem vezes maior que o esgoto doméstico, ou seja, cada 1000L de soro não tratado por dia equivale uma poluição diária de 470 pessoas. Seguindo o mesmo raciocínio (BRIÃO & TAVARES, 2012) mostram que as indústrias de laticínios consomem grandes volumes de água para o

processamento de seus produtos e a limpeza de seus equipamentos, sendo assim, fator de risco no que tange o aspecto ambiental.

Afim de minimizar e sanar esses entraves na indústria os processos de separação por membranas (PSM) vêm sendo utilizadas nas indústrias com a finalidade de separar, purificar ou concentrar determinados componentes da mistura de interesse (BOSCHI, 2006). Os PSM utilizam o gradiente de pressão como força motriz (Microfiltração, Ultrafiltração, Nanofiltração e Osmose Inversa) podem ser entendidos como uma extensão da filtração convencional, separando constituintes presentes em solução em nível molecular ou mesmo atômico (BRIÃO & TAVARES, 2012). As aplicações estão na produção de água potável, no processamento de sucos e laticínios, e no tratamento de efluentes (PEPPIN & ELLIOT, 2001). Diante do exposto o presente artigo tem por objetivo apresentar a aplicação dos processos de separação por membranas no setor lácteo.

## **LEITE**

O leite é o mais nobre dos produtos de origem animal, notadamente pelo elevado valor nutricional para crianças e adultos, dada sua composição peculiar, rica em proteínas, gorduras, carboidratos, sais minerais, aminoácidos essenciais e vitaminas (VIDAL, 2001), bem como seus derivados que, igualmente, se constituem em iguarias de alto valor nutritivo, e fonte de renda para os diferentes segmentos da cadeia produtiva do leite (RIBEIRO, 2008).

Por se tratar de fluido complexo, faz-se necessário o conhecimento dessa composição química uma vez que, a mesma é determinante na definição da qualidade nutricional e adequação para processamento e consumo humano (SOUZA et al., 2005). Com base nessa estrutura complexa dois pontos devem ser destacados, sendo eles: Carboidratos e Proteínas.

A lactose é o açúcar do leite, um dissacarídeo (glicose + galactose) existente de forma natural no leite, principalmente na forma livre, porém algumas vezes uma pequena proporção se encontra ligada a outros oligossacarídeos maiores (FENNEMA, 2000). É o componente mais abundante, o mais simples e o mais constante em proporção, encontrando-se em quantidades compreendidas entre 40 e 50 g/litro (PEREDA et al., 2005).

De acordo com Tronco (2008), a lactose é muito menos doce do que a sacarose e os monossacarídeos (glicose e frutose) que a compõem. O leite de vaca contém traços de outros carboidratos, como os monossacarídeos glicose e a galactose, porém não possui nenhum polissacarídeo (WALSTRA et al., 2006).

A má absorção ou má digestão de lactose deve-se à diminuição na capacidade de hidrolisar a lactose, o principal carboidrato do leite, resultante da hipolactasia, que significa diminuição da atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase, conhecida popularmente por lactase, na mucosa do intestino delgado, sendo uma das desordens genéticas mais comuns, atingindo mais de 46% da população mundial. (FAEDO et al., 2013). No Brasil, 88 milhões de pessoas apresentam alguma dificuldade em digeri-la, pela deficiência da enzima lactase no intestino (PROZYN, 2010). Hoje, muitos países possuem uma gama de produtos com baixo teor de lactose, porém, no Brasil, esse mercado ainda tem sido pouco explorado (FAEDO et al., 2013).

Segundo Sgarbieri (2005), o leite apresenta-se como uma emulsão líquida em que a fase contínua é formada de água e substâncias hidrossolúveis ao passo que a fase interna ou descontínua é formada, principalmente, de micelas de caseína e de glóbulos de gordura.

As proteínas do leite podem ser classificadas em quatro grupos, de acordo com suas propriedades físico-químicas e estruturais: a) caseínas; b) proteínas do soro; c) proteínas das membranas dos glóbulos de gordura; d) enzimas e fatores de crescimento (SGARBIERI, 1996).

As caseínas se agregam formando grânulos insolúveis chamados micelas. As demais proteínas do leite estão em forma solúvel. A caseína tem uma composição de aminoácidos apropriada para o crescimento de animais jovens. Esta proteína de alta qualidade no leite de vaca é uma das razões pelas quais o leite é tão importante na alimentação humana (GONZÁLES, 2001). Do ponto de vista nutritivo e industrial, as proteínas do leite de mais ampla aplicação e valor econômico são as caseínas e as proteínas do soro (SGARBIERI, 1996).

## **SORO**

Soro é o produto lácteo líquido obtido durante o processamento do queijo, da caseína ou produtos similares, mediante a separação da coalhada, após coagulação do leite e/ ou produtos derivados do leite (BRASIL, 2005). Segundo Ordóñez, (2005), ele contém mais da metade dos sólidos presentes no leite, incluindo a maioria da lactose, minerais e vitaminas hidrossolúveis, sobretudo do grupo B e 20% das proteínas do leite. Este subproduto representa cerca de 80% a 90% do volume de leite utilizado e retém 55% dos nutrientes do leite, sobretudo lactose (4,5-5% w. v<sup>-1</sup>), proteínas solúveis (0,6-0,8% w. v<sup>-1</sup>), lipídios (0,4-,5% w.v<sup>1</sup>),

e sais minerais (8-10% do extrato seco). Contudo, devido a sua baixa concentração de matéria sólida (6-7% w.v<sup>-1</sup>), é normalmente considerado como efluente (RECH, 2003).

Por muito tempo, o soro foi descartado como um efluente ou mesmo usado in natura na alimentação de animais em fazendas, sobretudo porcos. Portanto, o não-aproveitamento deste subproduto traz consigo o problema de contaminação do meio ambiente e, por esse motivo, vem se exigindo das indústrias o seu tratamento antes do seu descarte (BOSCHI, 2006).

## **ÁGUA RESIDUAL**

A expansão, do setor lácteo, gera problemas ambientais não somente pelo descarte do soro, De acordo com Brião & Tavares, (2012) as indústrias de laticínios consomem grandes volumes de água para o processamento de seus produtos e para limpeza de seus equipamentos.

A sanitização dos laticínios inclui operações de lavagens de silos, tubulações, tanques, pasteurizadores e equipamentos, que demandam grandes volumes de água onde, realiza-se um enxágue inicial e este enxágue arrasta cerca de 90% da carga orgânica total gerada pela indústria de laticínios. Esta “água branca” compõe-se de um licor de leite diluído, rico em gordura, carboidratos (lactose), proteínas e alguns sais (BALLANEC et al., 2002), Vourch, (2008) mostra que Em alguns casos, cada litro de leite processado pode gerar até dez litros de efluente, que são enviados às estações de tratamento ou não. Estima-se que as perdas podem atingir de 1% a 3% do volume de leite in natura recebido.

Com o aumento da preocupação relacionada ao ambiente, os padrões para avaliação da qualidade do efluente estão cada vez mais restritivos e as indústrias de laticínios deverão investir nos processos in plant de tratamento, vistos como tecnologias limpas e ferramentas de prevenção à poluição (BRIÃO & TAVARES, 2007)

## **PROCESSO DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANA (PSM)**

Dentro do setor alimentício, a indústria de laticínios é, sem dúvida, a que apresentou maior introdução das tecnologias de membrana, Microfiltração (MF), Ultrafiltração (UF), Nanofiltração (NF) e Osmose Reversa (OR). Inúmeras razões ocasionaram este sucesso, tais como conhecimento profundo das características bioquímicas do leite e dos co-produtos (principalmente soro), dinamismo das equipes de pesquisa, temperatura de processamento,

alta poluição ambiental inaceitável, provocada pela descarga de soro de queijo, entre outras (CORREIA et al., 2011).

Quando comparados aos diversos processos de separação convencionais usados industrialmente, os processos de separação por membranas (PSM) se destacam devido ao baixo consumo energético, a operação ocorre à temperatura ambiente, podendo ser aplicados no fracionamento de substâncias termolábeis, como as proteínas do soro. Outras vantagens que favorecem o emprego dos PSMs são: a possibilidade de operar em sistema contínuo ou em batelada, a simplicidade de operação, o pequeno espaço físico, a facilidade de ampliação de escala e a possibilidade de interagir com outros processos clássicos de separação (BOSCHI, 2006). Gea (2012) completa dizendo que o processo de separação em baixas temperaturas, sem mudança de fase, faz da filtração por membranas, em muitas aplicações, uma solução muito mais econômica que métodos convencionais, tais como filtração a vácuo ou filtros-prensas.

Correi et al., (2011) afirma que entre os fatores que justificam a utilização mais intensa das tecnologias de membrana pelas indústrias de laticínios estão:

- Tratamentos térmicos como pasteurização, termização ou esterilização em autoclave ou tratamento UHT, comumente utilizados no leite, garantem a segurança dos produtos lácteos e derivados, mas, quase sempre, promovem alterações irreversíveis dos componentes do leite, alteram as propriedades físico-químicas dos sais de cálcio (equilíbrio de proteínas) e afetam a qualidade organoléptica do leite fluido e produtos lácteos, bem como a capacidade de fabricação de queijos;
- As células das bactérias mortas permanecem no leite tratado, com suas enzimas potencialmente ativas, que, juntamente com a atividade metabólica desenvolvida pelo crescimento das bactérias termodúricas remanescentes, poderão causar alterações no leite fluido durante o armazenamento, reduzindo sua vida de prateleira comercial.

Os processos de separação por membranas (PSM), são operações que utilizam membranas no fracionamento de misturas, soluções e suspensões envolvendo espécies de tamanho e natureza química diferentes, com o objetivo de separar, purificar ou concentrar as substâncias presentes. (BOSCHI, 2006).

Uma definição geral de membrana poderia ser: uma barreira que separa duas fases e que restringe, total ou parcialmente, o transporte de uma ou várias espécies químicas presentes nas fases. Deve-se notar que esta é uma definição macroscópica, enquanto que a separação deve ser considerada em nível microscópico (MULDER, 1991). Uma das principais características dos PSM é que eles podem ser operados em escoamento tangencial (cross flow filtration), além da operação convencional (dead end filtration), ou seja, com escoamento perpendicular à membrana (PEREIRA, 2009). O processo de separação em baixas temperaturas, sem mudança de fase, faz da filtração por membranas, em muitas aplicações, uma solução muito mais econômica que métodos convencionais, tais como filtração a vácuo ou filtros-prensas (GEA, 2012).

Em razão das aplicações a que se destinam, as membranas apresentam diferentes estruturas. De modo geral, as membranas podem ser classificadas em duas grandes categorias: densas e porosas. Tanto as membranas densas quanto as porosas podem ser isotrópicas ou anisotrópicas, ou seja, podem ou não apresentar as mesmas características morfológicas ao longo de sua espessura. (HABERT et al., 2006).

Segundo Scott & Hughes (1996), a morfologia da membrana e a natureza do material que constitui são algumas das características que definem o tipo de aplicação e a eficiência da separação. Há muitos processos com membranas, baseados em diferentes princípios ou mecanismos de separação, que fracionam espécies de distintos tamanhos que variam desde partículas até mesmo em nível molecular.

Os processos de separação por membranas cuja força motriz é o gradiente de pressão têm uma forte analogia com a filtração convencional, em que a retenção por tamanho é o princípio básico de fracionamento das diferentes espécies químicas presentes. A ultrafiltração (UF), é um exemplo de processo que utiliza o gradiente de pressão como força motriz (Mulder, 1991).

## **CAPACIDADE SELETIVA OU SELETIVIDADE**

A capacidade seletiva de uma membrana a uma determinada solução, no caso de soluções aquosas, que consistem em uma mistura de um solvente (água, geralmente) e um soluto, é expressa em função do coeficiente de retenção (R) em relação ao soluto. Nestes casos, o soluto é parcial ou totalmente retido pela membrana, enquanto que as moléculas de solvente passam livremente por ela. O valor de R varia entre 100% (retenção completa do



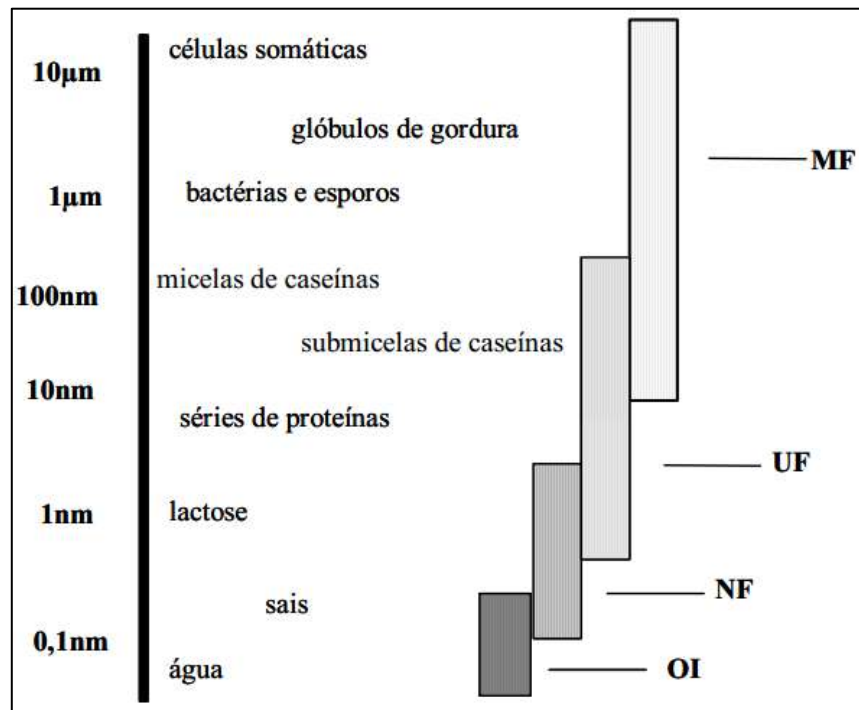
soluto) e 0% (soluto e solvente atravessam livremente a membrana), (DIEL, 2010).

A seletividade à passagem de solutos de soluções homogêneas está relacionada com as dimensões das moléculas ou partícula, com o tamanho dos poros da membrana e com a difusividade do soluto na matriz polimérica ou com as cargas elétricas associadas (KESTING, 1980).

## APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA NA INDÚSTRIA DE LATICÍCIOS

Segundo Brans et al. (2004), a tecnologia de separação por membranas é uma escolha adequada para o fracionamento do leite, pois muitos dos seus componentes podem ser separados por diferença de tamanho. A Figura 01 apresenta o tamanho dos componentes do leite e o respectivo PSM que poderia ser empregado na separação destes.

**Figura 01.** Aplicação dos PSM para separação de componentes do leite em função do seu tamanho  
Figure 01. Application of PSM for separation of milk components depending on their size



Fonte: Brans et al. (2004).

Conforme Bird & Bartlett (2002) e Giraldo-Zuñira et al. (2004), a MF pode ser utilizada industrialmente como uma alternativa para a pasteurização ou a esterilização (a frio) parcial de alimentos, pois retém microrganismos durante a operação. Como não necessita de calor

para a operação, não ocorre alteração de estado físico da solução e as características sensoriais e nutricionais dos compostos processados não são alteradas.

Segundo Giraldo-Zuñira et al. (2004) a MF é de emprego recente na indústria de laticínios, adequando-se ao fracionamento de proteínas do soro e à separação de microrganismos e glóbulos de gordura de leite e de soro são retidos pela membrana com tamanho nominal de poro entre 0,2µm a 2µm.

Prudêncio et al. (2005) utilizaram os mesmos parâmetros de MF, com membrana de tamanho de poro de 1,4 µm, empregados no processamento do leite bovino tais como: vazão, pressão de entrada e de saída, temperatura, velocidade e tempo na obtenção de leite desnatado de búfala. Constataram que os mesmos valores podem ser usados ao processamento desse leite. No entanto, a única mudança foi feita na pressão, pois obtiveram menores valores de fluxo permeado, devido a um maior fouling durante a MF.

Baruah et al. (2006) utilizaram uma planta piloto de MF com módulo tubular cerâmico e tamanho nominal de poro de 0,2 µm na recuperação das proteínas imunoglobulinas de leite de cabra, obtendo uma recuperação de 90% de proteínas.

A UF é uma tecnologia que pode ser aplicada na indústria de laticínios para o processamento do leite integral, semidesnatado ou desnatado (Prudêncio et al., 2004), sendo inclusive utilizada, segundo Cheang e Zydney (2004), Guadix et al. (2004), Akoum et al. (2004) e Erdem et al. (2006) na separação de lactose do leite, na padronização do valor nutricional de diferentes tipos de leite, na concentração do leite para a fabricação de queijos, na recuperação de proteínas do soro de queijo e na pré-concentração do leite para a produção de iogurte.

A UF tem sido implementada há muitos anos, desde que Maubois, Mocquot e Vassal em 1969, propuseram, pela primeira vez, a utilização de UF na fabricação de queijo através do uso de leite ultrafiltrado. Segundo Vandender e Massaguer-Roig (1996), Castro e Gerla (2005) e Atra et al. (2005), a UF é usada na recuperação e no fracionamento das proteínas do soro e na produção de queijos de leite ultrafiltrado, principalmente, os queijos moles como Minas Frescal, Cottage, Feta e cream cheese.

## **PRODUÇÃO DE LEITE FLUIDO**

A membrana de MF oferece uma alternativa interessante aos tratamentos térmicos. Através de uma membrana de MF especialmente projetada, todas as células somáticas e a

maior parte da gordura residual e dos microrganismos contaminantes são separadas de um leite desnatado aquecido, sendo concentradas 20 vezes no retentado da MF. Além disso, membranas de microfiltração retêm esporos formadores de bactérias, os quais representam as principais espécies sobreviventes à pasteurização (CORREIA et al. 2012).

Considerando as contaminações do leite em nível de fazenda, geralmente descritas, o leite desnatado microfiltrado em uma membrana com poros de 1,4  $\mu\text{M}$ , conterá menos que 1 UFC/L de bactérias patogênicas (SABOYA & MAUBOIS, 2000), podendo ser considerado tão seguro como o leite pasteurizado. Para a padronização de gordura, o leite desnatado microfiltrado é misturado com uma quantidade de creme de leite aquecido (95 °C/20 s); a mistura é então homogeneizada e asépticamente embalada. O prazo de validade autorizado, para este produto estocado em uma temperatura na faixa de 4 a 6 °C, é de três semanas, apresentando sabor melhorado (não possui gosto de cozido) e boa capacidade de armazenamento (EINO, 1997).

Em algumas plantas, o uso de MF 1,4  $\mu\text{M}$  tem sido estendido como um pré-tratamento na produção de leite UHT, a fim de diminuir a intensidade do tratamento térmico (redução a 140 °C/4s ou menos), tendo como consequência menor sabor de cozido e uma capacidade de armazenamento melhorada, em função da remoção de enzimas termodúricas presentes em bactérias mortas e células somáticas (CARVALHO & MAUBOIS, 2009).

Já o processo de ultrafiltração oferece a possibilidade de ajustar o conteúdo de proteína do leite de consumo, seja pela sua concentração específica ou através da adição do permeado de UF de leite no leite coletado, visando superar as variações naturais na composição do leite, embora essa prática de padronização do leite ainda não seja permitida (CORREIA et al. 2012).

A remoção de células somáticas a partir de leite cru integral é possibilitada por membranas de MF, sendo retidas 93 a 100% das células somáticas no retentado da MF.

## **PRODUÇÃO DE QUEIJO**

Segundo Hinrichs (2001), o princípio da produção de queijo com leite ultrafiltrado é de reter grande parte das proteínas dentro do queijo, sendo que, dessa forma o valor nutricional e o rendimento do produto é aumentado. De acordo com Erdem (2005), a qualidade do queijo está diretamente relacionada com a concentração e à proporção dos glóbulos de gordura e das caseínas de leite, pois estes interferem no sabor e na textura do queijo.

Veiga e Viotto (2001) estudaram a fabricação de queijo Petit Suisse por UF de leite coagulado. Também mencionam que a produção do queijo Quark por UF em outros países resulta em economia de energia, maior rendimento e maior valor nutritivo. Erdem (2005) constatou a eficiência da UF na produção de queijo branco usando o leite concentrado e o leite desnatado quando comparados com métodos convencionais. Govindasamy-Lucey et al. (2005) utilizaram dois tipos de concentrado do leite por UF, com 15,2% e 13,5% em teor de sólidos (TS) na produção de queijos para pizza, como o queijo mussarela, e concluíram que o queijo para pizza pode ser fabricado com alto teor de caseínas e gorduras.

No entanto, de acordo com Hinrichs (2001), a tecnologia de UF não pode ser aplicada com sucesso para a produção de queijos com alto conteúdo de sólidos, tais como o queijo semiduro e queijo duro devido à baixa viscosidade desses queijos.

## **TRATAMENTO DE SORO DE LEITE**

A UF pode ser projetada para operações em batelada ou contínua, sendo a operação contínua a preferida para o processo em larga escala. Guadix et al. (2004) projetaram a instalação de uma unidade de UF de soro de queijo em processo contínuo. Cheang e Zydney (2004) apresentaram uma proposta para obtenção de proteína isolada de soro em uma unidade de produção com dois estágios de UF com recirculação total do concentrado, e, Morison & She (2003) desenvolveram uma metodologia para o projeto e otimização de uma planta de UF de soro em múltiplos estágios.

Apesar das membranas de UF serem empregadas quase que exclusivamente na recuperação de proteínas e no seu fracionamento, Akoum et al. (2004) aplicaram sistemas de membranas vibratórias de UF e OI no tratamento de águas de processos da indústria de laticínios.

Nguyen et al. (2003) utilizaram a NF para recuperar produtos orgânicos do soro de queijo Cottage, tais como gordura, proteína e lactose obtendo uma concentração total de sólidos de 24% no concentrado e uma redução de sal no mesmo. Esse tratamento é adequado nesse tipo de soro que é ácido, pois seu emprego é ainda muito restrito na incorporação em alimentos e outros laticínios.

## **TRATAMENTO DE SALMOURA E AGUA RESIDUAL DE LATICÍNIOS**

Apesar das inúmeras ações implementadas para reduzi-las, a indústria de laticínios ainda é um grande produtor de águas residuais (entre 1 e 5 L de água por litro de leite tratado). Neste contexto, as tecnologias de membrana têm permitido não só a redução do volume e da poluição gerada por essa água utilizada, mas também a reciclagem de uma parte significativa da água do leite. As "águas brancas", resultantes da condensação da água do leite durante a evaporação a vácuo do leite, podem ser tratadas tanto por OR ou por uma combinação de NF + OR (DAUFIN et al., 1998). O permeado resultante pode ser usado como uma fonte de calor, como água de lavagem ou como uma fonte de água para produção de vapor (IDF, 1988).

A utilização das técnicas de membrana tem sido considerada para o tratamento de todas as águas residuais geradas pela transformação de leite e até mesmo para reciclar as soluções CIP (Cleaning in Place). O uso de membranas cerâmicas de MF, UF e NF, as quais podem suportar ampla escala de pH, assim como algumas membranas orgânicas específicas resistentes a elevado pH, tem sido proposto para a reciclagem de soluções ácidas e de soda cáustica empregadas na indústria de laticínios em sistemas CIP (DAUFIN et al., 1998).

A UF e MF pode ser uma técnica interessante para descontaminar a salmoura em substituição à pasteurização e tratamento de Kieselguhr atualmente utilizados, nos quais a inativação de microrganismos contaminantes altera o equilíbrio de proteínas e minerais da salmoura e, portanto, modifica as transferências dos sais minerais de Ca e Na entre a salmoura e o queijo (PEDERSEN, 1992).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As tecnologias de ultrafiltração vem proporcionado grandes avanços no que diz respeito a tecnologia em produtos lácteos, aumentando a qualidade dos mesmos no desenvolvimento de novos produtos, além de propiciarem processos mais eficientes que, conseqüentemente gera uma maior lucratividade para a indústria.

Portando o processo de separação por membrana (PSM) faz com que seja possível trabalhar com materiais que anteriormente eram considerados como resíduos nas agroindústrias, como o tratamento de soro de leite, salmoura e água residual de laticínios entre outros.

## REFERÊNCIAS

- AKOUM, O.; JAFFRIN, M. Y.; DING, L. H. *Concentration of total milk proteins by high shear ultrafiltration in a vibrating membrane module*, Journal of Membrane Science, 2004.
- ARAÚJO, D. J.; CARVALHO, D.L.; PAIVA, F.S.; XAVIER, A. M. F.; CARDOSO, V. L. *a ultrafiltração do soro de queijo utilizando membranas de acetato de celulose*, 1999. Florianópolis – SC. Disponível em: <http://www.neurolab.ufsc.br/Enpromer/PDF/T245.pdf>. Acesso em 30 de jun. de 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO - ABIA. *Relatório Anual 2010*. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.abia.org.br/anexos/RelatorioAnualABIA2010.pdf>. Acesso em: 02 julho, 2014.
- ATRA, R.; VATAI, G. V.; BEKASSY-MOLNAR, E.; BALINT, A.; *Investigation of ultra and nanofiltration for utilization of whey protein and lactose*, Journal of Food Engineering, v. 67, p.325-332, 2005.
- BALANNEC, B.; VOURCH, M.; RABILLER-BAUDRY, M.; CHAUFER, B. *Comparative study of different nanofiltration and reverse osmosis membranes for dairy effluent treatment by dead-end filtration*. Separation Purification Technology, Amsterdam, v. 42, n. 2, p. 195-205, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2004.07.013>
- BARUAH, G. L.; NAYAK, A., BELFORT, G. *Scale-up from laboratory microfiltration to a ceramic pilot plant: Design and performance*, Journal of Membrane Science, v.274, p.56-63, 2006.
- BENITO, J. J. S. *Processamento de leite desnatado por ultrafiltração e hiperfiltração*. Trad. Pasilac. A.S.: *Skimmilk processing by ultrafiltration and hiperfiltration*. Revista do ILCT, Juiz de For a, p. 41-47, nov-dez, 1980.
- BIRD, M. R.; BARTLETT, M. *Measuring and modeling flux recovery during the chemical cleaning of MF membranes for the processing of whey protein concentrate*, Journal of Food Engineering, v. 53, p.143-152, 2002.
- BOSCHI J. R. *Concentração e Purificação das Proteínas do Soro de Queijo por Ultrafiltração*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006. Disponível em: [http://www.livrosgratis.com.br/arquivos\\_livros/cp033297.pdf](http://www.livrosgratis.com.br/arquivos_livros/cp033297.pdf). Acesso em: 02 julho, 2014.
- BRANS, G.; SCHROËN, C. G. P. H.; VAN DERSMAN, R. G. M.; BOOM, R. M. *Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges*, Journal of Food Engineering, v. 243, p.263-272, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. *Regulamento Técnico de identidade e qualidade de bebida láctea*. Instrução Normativa nº 16, de 23 de Agosto de 2005. Disponível em: [http://www3.servicos.ms.gov.br/iagro\\_ged/pdf/565\\_GED.pdf](http://www3.servicos.ms.gov.br/iagro_ged/pdf/565_GED.pdf). Acesso em: 06 julho 2014.
- BRIÃO, V. B.; TAVARES, C. R. G. *Effluent generation by the dairy industry: preventive attitudes and opportunities*. Brazilian Journal of Chemical Engineering, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 487-497, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-66322007000400003>
- BRIÃO, V. B. & TAVARES, C. R. G. *Nota Científica: Ultrafiltração de efluente da indústria de laticínios para recuperação de nutrientes: efeito da pressão e da velocidade tangencial*. Campinas, v. 15, n. 4, p. 352-362, out./dez. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000028>.
- CASTRO, B. N.; GERLA, P. E. *Hollow fiber and spiral cheese whey ultrafiltration: minimizing controlling resistances*, Journal of Food Engineering, v. 69, p.495-502,2005.

- CHEANG, B.; ZYDNEY, A. L. *A two-stage ultrafiltration process for fractionation of whey protein isolate*, Journal of Food Engineering, v. 231, p.159-167, 2004.
- CHERYAN, M. *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook*. 2° ed. USA: CRC Press, 1998.
- CARVALHO, G. R. *A Indústria de laticínios no Brasil: passado, presente e futuro. Circular técnica*. Juiz de Fora, MG, Dezembro, 2010. <[http://www.cnpqi.embrapa.br/totem/conteudo/Economia\\_e\\_mercado/Circular\\_Tecnica/ct102.pdf](http://www.cnpqi.embrapa.br/totem/conteudo/Economia_e_mercado/Circular_Tecnica/ct102.pdf)>. Acesso em: 02 julho, 2014.
- CORREIA, L.; F. M.; MAUBOIS, J. L.; CARVALHO, A. F. *Aplicações de tecnologias de membranas na indústria de laticínios. Indústria de Laticínios*. Ano XV – nº 90 – maio/junho 2011. Disponível em: <<http://www.revistalaticinios.com.br/materias/revista-il-90/>>. Acesso em: 02 jul. 2014
- DAUFIN, G.; GEZAN-GUIZIOU, G.; MULLER, A., MERIN, U.; JEANTET, R.; BRAMAUD, C. *Lactosérum in Les séparations par membrane dans les procédés de l'industrie laitière*. Ed. Tec. Doc. Paris, p.310-329, 1998.
- DIEL, J.L.; TESSARO, I. C. *Caracterização Funcional de Membranas Cerâmicas de Micro e Ultrafiltração*, 2010. Porto Alegre - RS. Disponível em : <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/25892/000755209.pdf>. Acessado em 29 de jun. de 2014.
- EINO, M.F. *Lessons learned in commercialization of microfiltered milk*. Bull. Int. Dairy Fed. v.320, p.32-36, 1997.
- ERDEM, Y. K., *Effect of ultrafiltration, fat reduction and salting on textural properties of white brined cheese*, Journal of Food Engineering, v. 71, p.366-372, 2005.
- ERIKSEN, J. *New technology applied to cheese production*. Food Technology in New Zealand, p.29 & 36, June, 1985.
- ERDEM, I.; CIFTCIOGLU, M.; HARSA, S., *Separation of whey components by using ceramic composite membranes*, Desalination, v. 189, p.87-91, 2006.
- FAEDO, R.; BRIÃO, V. B.; CASTOLDI, S.; GIRARDELLI, L.; MILANI A. *Obtenção de leite com baixo teor de lactose por processos de separação por membranas associados à hidrólise enzimática*. Revista CIATEC – UPF, vol.3 (1), p.p.44-54, 2013. Doi: 10.5335/ciatec.v5i1.3222
- FENNEMA, O.R. *Química de los alimentos*. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 2000. 1258p. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000062&pid=S0100204X200600020002200004&lng=em](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000062&pid=S0100204X200600020002200004&lng=em)
- GEA, F. *Filtração por membranas*. Catálogo de exposição, 2006. Disponível em: <[http://www.geafiltration.com/filtration\\_library/membrane\\_filtration\\_Portuguese.pdf](http://www.geafiltration.com/filtration_library/membrane_filtration_Portuguese.pdf)>. Acesso em: 7 jul. 2014.
- GEHLHAR, M.; REGNI, A. *New Directions in Global Food Markets*. Agriculture Information Bulletin n. 794. Washington: United States Department of Agriculture, 2005. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/publications/aib794/aib794.pdf>>. Acesso em: 3 jul. 2014.
- GIANEZINI, M.; ALVES, A. B.; TECHEMAYER, C. A.; RÉVILLION J. P. P. *Diferenciação de produto e inovação na indústria agroalimentar: a Inserção de alimentos funcionais no brasil*. RACE, Unoesc, v. 11, n. 1 Edição Especial Agronegócios, p. 9-26, jan./jun. 2012
- GIRALDO-ZUÑIGA, A. D.; COIMBRA, J. S. R.; GOMES, J. C.; MINIM, L. A., ROJAS, E. E. G.; GADE, A. D. *Tecnologias aplicadas ao processamento do soro de queijo*, Dairy Journal Bimonthly The “Cândido Tostes” Dairy Institute, v. 59, p.53-66, 2004.

- GOVINDASAMY-LUCEY, S.; JAEGGI, J. J.; JOHNSON, M. E.; WANG, T.; LUCEY, J. A. *Use of cold ultrafiltered retentates for standardization of milks for pizza cheese: Impact on yield and functionality*, International Dairy Journal, v. 15, p.941-955, 2005.
- GUADIX, A.; SORENSEN, E.; PAPAGEORGIOU, L. G.; GUADIX, E. M., *Optimal design and operation of continuous ultrafiltration plants*, Journal of Membrane Science, v. 235, p.131-138, 2004.
- HARBERT, A.; BORGES, C.; NÓBREGA, R. *Processos de separação com membranas*. Rio de Janeiro: E-paper Serviços Editoriais, 2006.
- HINRICHS, J.; *Incorporation of whey proteins in cheese*, International Dairy Journal, v. 11, p.495-503, 2001.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Produção Brasileira de Leite*. IBGE, 2010. Relatório Anual de Produção Agropecuária. Disponível em: <<http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/producao/tabela0231.php>>. Acesso em: 02 jul. 2014.
- International Dairy Federation - IDF. *The quality, treatment and use of condensate and reverse osmosis permeates*. Bull. N° 232, 1988.
- KESTING R.E. *Synthetic polymeric membranes*, Mc Graw Hill Book, New York (1980).
- LIMA, A. S.; COSTA JÚNIOR, L. C. G.; PINTO, M. S. *Aspectos relacionados à higienização em processos de separação por membranas na indústria de laticínios*, 2008. [S. I. ]. Disponível em: <http://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/viewFile/58/64>. Acessado em 29 de jun. de 2014.
- MARSHALL, A.D.; DAUFIN, G. Physicochemical aspects of membrane “fouling” by dairy fluids. In: *“fouling” and Cleaning in Pressure Driven Membrane Processes. IDF Special Issue 9504. FIL – IDF*, p. 8-35, Brussels, 1995.
- MOREIRA, E.G.; ROCHA, J.C.G.; RAMOS, A. M. *A ultrafiltração e sua aplicabilidade na área de alimentos*, 2011. [S.I.]. Disponível em: [http://www.meiofiltrante.com.br/materias\\_ver.asp?action=detalhe&id=701&revista=n50](http://www.meiofiltrante.com.br/materias_ver.asp?action=detalhe&id=701&revista=n50). Acessado em 29 de jun. de 2014.
- MORISON, K. R.; SHE, X. *Optimisation and graphical representation of multi-stage membrane plants*, Journal of Membrane Science, v. 211, p.59-70, 2003.
- MULDER, M. *Basic Principles of Membrane Technology*. S.I.: Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. p. 363. 1991.
- NGUYEN, M.; REYNOLDS, N.; VIGNESWARAN, S. *By-product recovery from cottage cheese production by nanofiltration*, Journal of Cleaner Production, v. 11, p.803-807, 2003.
- ORDÓÑEZ, J. A.; *Tecnologia de Alimentos: Alimentos de origem animal – Volume 2*, Editora Artmed, Porto Alegre – RS, 2005.
- PEDERSEN, P. J. *Microfiltration for the reduction of bacteria in milk and brine. IDF special issue, N° 9201. New applications of membrane processes, p.33-50, 1992.*
- ROSENBERG, M. *Current and future applications for membrane processes in the dairy industry*. Trends in Food Sc. and Technol. v.6, p.12-19, 1995.
- PEPPIN, S. S. L.; ELLIOT, J. A. W. *Non-equilibrium thermodynamics of concentration polarization*. Advances in Colloid and Interface Science, V. 92, n. 1-3, p. 1 – 72, 2001 <[http://dx.doi.org/10.1016/S0001-8686\(00\)00029-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-8686(00)00029-4)>.
- PERSSON, K. M.; GEKAS V.; TRAGARDH, G. *Study of membrane compaction and its influence on ultrafiltration water permeability*. Journal of Membrane Science, v. 100, p. 155 – 162, 1995.
- PRUDÊNCIO, S. E.; MAGENIS, R. B.; MAHAUT, M.; JEANTER, R.; LUIZ, M. T. B.; HAMAD, A. J. S. *Caracterização físico-químico do permeado obtido da ultrafiltração do leite de búfala (bubalus bubalis)*, Dairy Journal Bimonthly The “Cândido Tostes” Dary Institute, v. 59, p.27-30, 2004.



- PEREDA, J. A. O.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. D. F.; PERALES, L. D. L. H., CORTECERO, M. D. S., *Tecnologia de Alimentos - Alimentos de Origem Animal*. vol. 2. Artmed, Porto Alegre, 2005.
- PEREIRA, I DE O. *Análise e otimização do processo de ultrafiltração do soro de leite para produção de concentrado proteico*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga, BA, Julho, 2009. Disponível: <http://www.uesb.br/ppgengalimentos/dissertacoes/2011/AN%C3%81LISE%20E%20OTIMIZA%C3%87%C3%83O%20DO%20PROCESSO%20DE%20ULTRAFILTRA%C3%87%C3%83O%20DO%20SORO%20DE%20LEITE%20PARA%20PRODU%C3%87%C3%83O%20DE%20CONCENTRADO%20.pdf>. Acesso em: 06 de julho 2014.
- PROZYN. *Produtos com baixa lactose*. Informação técnica. 2010.
- SABOYA, L. V.; MAUBOIS, J. L. *Current developments of microfiltration technology in the dairy industry*. Lait. v.80, p.541–553, 2000.
- RIBEIRO M.G. *Princípios terapêuticos na mastite em animais de produção e de companhia*. In: Andrade S.F. (Ed.), Manual de Terapêutica Veterinária. 3ª ed. Roca, São Paulo, 2008. 936p. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?Script=sci\\_arttext&pid=S0100736X2009000100008&Lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S0100736X2009000100008&Lang=pt).
- RECH, R., *Estudo da produção da  $\beta$ -galactosidase por leveduras à partir do soro de queijo*. Dissertação (Doutorado em Biologia Celular e Molecular), Centro de biotecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003
- RUBEZ, J. *Produção de leite deve crescer 4% em 2012*. Revista Globo Rural On-line 2012. Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI294991-18077,00-PRODUCAO+DE+LEITE+DEVE+CRESCER+EM.html>. Acesso em: 06 julho. 2014.
- SCOTT, K.; HUGHES, R. *Industrial membrane separation technology*. London: Blackie Academic & Professional, 1996.
- SGARBIERI, V. C. *Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações*. São Paulo: Livraria Varela, 1996.
- SGARBIERI, V. C. *Revisão: Propriedades Estruturais e Físico-Químicas das Proteínas do Leite*. Brazilian Journal of Food Technology, vol. 8, n. 1, p. 43-56, 2005.
- SOUZA, K. A. F. D.; NEVES, V. A. *Análise de Alimentos: Pesquisa dos Componentes do Leite*. Experimentos de Bioquímica. Araraquara – SP, Janeiro de 2005. Disponível em: [http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/analise\\_leite/analise\\_leite.htm](http://www.fcfar.unesp.br/alimentos/bioquimica/analise_leite/analise_leite.htm).
- TRONCO, V. M. *Manual para inspeção da qualidade do leite*. 3ed. Santa Maria: UFSM, 2008. 206p.
- VANDENDER, A. G. F., MASSAGUER-ROIG, S., *Efeito da diafiltração e do fator de diluição do retentado no fluxo de permeação e na porcentagem de recuperação de lactose no retentado durante a ultrafiltração de leite integral*, Anais do V Congresso Nacional de Laticínios, p.143-144, 1996.
- VEIGA, P. G.; VIOTTO, W. H. *Fabricação de queijo Suisse por ultrafiltração de leite coagulado, Efeito do tratamento térmico do leite no desempenho da membrana*, Ciência Tecnologia de Alimentos, v. 21, p.267-272, 2001.
- VIDAL, A. M. C. *Microrganismos heterotróficos mesófilos e bactérias do grupo Bacillus cereus em leite UAT (Ultra Alta Temperatura) integral*. UNESP, Jaboticabal, 2001. Disponível em: <http://www.uesb.br/ppgengalimentos/BANCO%20DE%20DISSERTA%C3%87%C3%95ES/INFLU%C3%8ANCIA%20DO%20TRATAMENTO%20T%C3%89RMICO%20SOBRE%20OOS%20C3%81CIDOS%20GRAXOS%20DO%20LEITE%20BOVINO.pdf>

VOURCH, M.; BALANNEC, B.; CHAUFER, B.; DORANGE, G. *Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse*. Desalination, Amsterdam, v. 219, n. 1-3, p. 190-202, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2007.05.013>>  
WALSTRA, P.; WOUTERS, J.T.M.; GEURTS, T.J. *Dairy Science and Technology*. Taylor e Francis Group, 2 ed. 2006. 808p.

---

### **Jânio Sousa Santos**

Possui graduação em Tecnologia de Alimento pela Universidade do Estado do Pará (2014), Especialização em Segurança Nutricional e Qualidade dos Alimentos pela PUC Goiás (2015) e atualmente é Mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Estadual de Ponta Grossa. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase na composição química minoritária e propriedades funcionais in vitro utilizando sistemas químicos e biológicos.

E-mail: [janio.redex@hotmail.com](mailto:janio.redex@hotmail.com)

Endereço: Trav. Enéas Pinheiro, nº 2626, Marco - CEP: 66095-100 – Belém /PA

### **Laércio Galvão Maciel**

Tecnólogo de Alimentos formando pela Universidade do Estado do Pará-UEPA. Mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa-UEPG. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Tecnologia de Alimentos.

E-mail: [laercio\\_maciel23@hotmail.com](mailto:laercio_maciel23@hotmail.com)

Endereço: Trav. Enéas Pinheiro, nº 2626, Marco - CEP: 66095-100 – Belém /PA

### **Vitória Nazaré Costa Seixas**

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) em 2014; mestre em Ciência Animal pela Universidade Federal do Pará (2006) e especialista em Processamento e controle de qualidade em carne, leite e ovos pela Universidade Federal de Lavras (2007). Atualmente é professora da Universidade do Estado do Pará (UEPA) e médica veterinária - Secretaria Executiva de Saúde Pública (SESPA), atuando em Vigilância Sanitária de alimentos.

E-mail: [medicavet13@yahoo.com.br](mailto:medicavet13@yahoo.com.br)

Endereço: Trav. Enéas Pinheiro, nº 2626, Marco - CEP: 66095-100 – Belém /PA