

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS FRANCISCO BELTRÃO  
CURSO TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

GIOVANA DE BONA SARTOR  
SOLANGE BIANCHI

**AVALIAÇÃO DE MISTURAS CONTENDO GELATINA DE PELE DE  
TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) E ALGINATO DE  
PROPILENOGLICOL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO  
2013

GIOVANA DE BONA SARTOR  
SOLANGE BIANCHI

**AVALIAÇÃO DE MISTURAS CONTENDO GELATINA DE PELE DE  
TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) E ALGINATO DE  
PROPILENOGLICOL**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Francisco Beltrão, como requisito parcial para a obtenção do diploma de Tecnólogo em Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Vânia De Cássia da Fonseca Burgardt

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre da Trindade Alfaro

FRANCISCO BELTRÃO

2013

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### **AVALIAÇÃO DE MISTURAS CONTENDO GELATINA DE PELE DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) E ALGINATO DE PROPILENOGLICOL**

Por

**GIOVANA DE BONA SARTOR  
SOLANGE BIANCHI**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos, no Curso Superior de Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

#### **BANCA AVALIADORA**

---

Prof. Dr. Alexandre da Trindade Alfaro  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
(Co-orientador)

---

Prof<sup>a</sup> Cleide Zimovski Baldo  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

---

Prof<sup>a</sup>. MSc. Leila Fernanda Serafini  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

Francisco Beltrão, 17 de setembro de 2013

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.”

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o nosso caminho durante esta caminhada;

A professora Dra. Vânia De Cássia Da Fonseca Burgardt, pela dedicação, paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão deste trabalho;

Ao professor Dr. Alexandre da Trindade Alfaro, pelos momentos de aprendizado, assim como também pela co-orientação na conclusão do TCC;

A todos os professores do curso, que foram tão importantes na nossa vida acadêmica;

A todos os colegas e amigos pelo constante apoio;

Agradecemos aos nossos maridos, Thiago Tomazoni (Giovana), e Ronoaldo Witt (Solange) que de forma especial e carinhosa nos deram força e coragem, apoiando e incentivando nos momentos de dificuldades;

E não deixando de agradecer de forma grata e grandiosa aos nossos pais Nelcio e Roseli De Bona Sartor, Claudino e Natalina Bianchi , aos nossos irmãos Silvana De Bona Sartor, Leandro e Marcos Bianchi;

A UFPR, Curitiba, ao técnico de laboratórios Israel pela ajuda na análise de microscopia confocal;

A todos os laboratoristas da UTFPR, campus Francisco Beltrão, pela ajuda e apoio sempre que necessário.

Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez

Thomas Edison

## RESUMO

A combinação de proteínas e polissacarídeos é bastante utilizada nas indústrias alimentícias, já que contribuem para a estabilidade estrutural dos alimentos. Este trabalho teve como finalidade avaliar a interação da gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) com Alginato de Propilenoglicol (APG), na formação de gel em diferentes pHs (3,0 4,5 e 6,0), e assim suas características e estrutura por meio das análises de capacidade de retenção de água, tempo de geleificação, microscopia confocal, temperatura de fusão e análise de cor. Para a determinação das unidades amostrais foi utilizado o delineamento experimental fatorial 2x2 com três repetições no ponto central. O estudo das análises comprovou estatisticamente (ANOVA) que o APG interferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) na mistura, contribuindo para melhora da formação das redes do gel, o qual resultou em uma mistura estável sem separação de fases. O polissacarídeo também ajudou na diminuição do tempo de geleificação e no aumento da temperatura do ponto de fusão. A interação contribuiu diretamente na estrutura, sem alterar visivelmente a cor, podendo, assim, ser inserida facilmente na indústria de alimentos.

**Palavras-chave:** Gelatina de pele de tilápia, Alginato de Propilenoglicol, Gel.

## **ABSTRACT**

The combination of proteins and polysaccharides is so much used in food industries, contributing to the structural stability of the food. This work had how objective the evaluate of the interaction of tilapia gelatin (*Oreochromis niloticus*) with propylene glycol alginate (PGA), in the gel formation at different pHs (3.0 4.5 and 6.0), and so its characteristics and structure by means of analyses of water holding capacity, gelation time, confocal microscopy melting temperature and color analysis. For the determination of the sample units was used a 2x2 factorial experimental design with three replications at the center point. The analyses study showed statistically (ANOVA) that the CPA intervened significantly ( $p < 0.05$ ) in the mixture, contributing to improve the formation of the network gel, which resulted was a stable mixture without phase separation. The polysaccharide also helped in the gelling time reducing and increased the temperature of the melting point. The interaction contributed directly in the structure without changing the visible color, so that, could be easily inserted in the food industry.

**Keywords:** Tilapia skin Gelatin, Propylene Glycol Alginate, Gel.

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>APG</b>	Alginato de Propilenoglicol
<b>GPT</b>	Gelatina de Pele de Tilápia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )
<b>CRA</b>	Capacidade de Retenção de Água

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – REAÇÃO DE ÓXIDO DE PROPILENO COM O ÁCIDO ALGÍNICO PARA FORMAR O APG.....	15
FIGURA 2 – DIAGRAMA BINÁRIO DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO pH E APG EM FUNÇÃO DO TEMPO.....	28
FIGURA 3 – DIAGRAMA BINÁRIO DA SUPERFÍCIE DE RESPOSTA DO pH E APG EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA.....	31
FIGURA 4 – MICROESTRUTURA DAS AMOSTRAS 1 E 2.....	32
FIGURA 5 – MICROESTRUTURA DAS AMOSTRAS 3 E 4.....	33
FIGURA 6 – MICROESTRUTURA DAS AMOSTRAS 5, 6, 7.....	34
FIGURA 7 – SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E DIAGRAMA DE CONTORNO DO pH E APG PARA A CRA.....	38

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – NÍVEIS E VALORES DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES: CONCENTRAÇÕES DE APG E pH NAS MISTURAS.....	22
TABELA 2 – TEMPO DE GELEIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	25
TABELA 3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) DO DELINEAMENTO LINEAR PARA O TEMPO DE GELEIFICAÇÃO.....	27
TABELA 4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) DO DELINEAMENTO LINEAR PARA O PONTO DE FUSÃO.....	30
TABELA 5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) DO DELINEAMENTO LINEAR PARA A CRA.....	37
TABELA 6 – ANÁLISE DE COR PARA A MISTURA GPT E APG.....	39
TABELA 7 – TESTE DAS MÉDIAS TUKEY PARA O APG E pH NOS DIFERENTES NÍVEIS DE VARIAÇÃO.....	40

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivos geral.....	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3 JUSTIFICATIVA.....	13
4 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
4.1 Alginato .....	14
4.1.1 Alginato de Propilenoglicol (APG).....	14
4.2 Gelatina de pele de tilápia (GTP) ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	16
4.2.1 História da piscicultura.....	16
4.2.2 Fabricação de subprodutos dos resíduos gerados na cadeia produtiva.....	17
4.2.3 Obtenção da gelatina de pele de tilápia (GTP) ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	19
4.2.4 Colágeno e gelatina.....	19
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
5.1 Materiais.....	20
5.2 Métodos.....	20
5.2.1 Metodologia para obtenção da gelatina.....	21
5.2.2 Delineamento experimental e preparo das amostras.....	21
5.2.3 Transição sol- gel (tempo de geleificação).....	22
5.2.4 Capacidade de retenção de água - (CRA).....	22
5.2.5 Microscopia confocal.....	23
5.2.6 Ponto de fusão.....	23
5.2.8 Avaliação de cor.....	24
5.2.9 Análise estatística.....	24
6 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	25
6.1 Ponto de geleificação.....	25
6.2 Ponto de Fusão.....	28
6.3 Microscopia confocal.....	31
6.4 Capacidade de retenção de água - (CRA).....	35
6.5 Análise de cor.....	38
6.6 Teste das médias.....	39
7 CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS.....	42

## 1 INTRODUÇÃO

A interação entre proteínas e polissacarídeos é importante para estrutura e estabilidade de muitos alimentos, sendo a capacidade geleificante, dentre outras propriedades tecnológicas, modificadas em sistemas protéicos na presença de gomas (TOLSTOGUZOV, 1997).

O Alginato de Propilenoglicol (APG) é um Éster obtido da reação do oxido de propileno com o ácido algínico parcialmente neutralizado, o que evita a formação de gel com os íons de cálcio e precipitação em pH baixo. Por esse motivo ele é empregado em alimentos ácidos. Segundo Bobbio (1992) o Alginato de Propilenoglicol é um excelente espessante, utilizado, por exemplo, em molhos para salada para favorecer baixos níveis de atividade na emulsão e estabilizante.

A pele de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) retirada para a produção de gelatina surge como uma alternativa de aproveitamento comercial e de um novo produto para as pessoas que tenham alguma restrição ao consumo da gelatina de mamífero seja ela de ordem cultural, religiosa ou por problemas de saúde (GUDMUNDSSON, 2004). Também é utilizada na produção de filmes para embalagens biodegradáveis, devido a capacidade da gelatina formar géis termorreversíveis (MORAES et al.2009).

Os biofilmes atuam como uma barreira protegendo o produto contra a umidade, oleosidade, gases entre outros fatores externos aumentando a vida útil do produto. Podem ainda manter as propriedades sensoriais desejáveis em um alimento, como à cor, sabor, textura, odor, doçura, acidez, ainda conter aditivos alimentícios como antioxidantes e antimicrobianos. A gelatina vem sendo pesquisada para produção de cápsulas, podendo essas serem utilizadas como material de parede para a fabricação de micropartículas, com diferentes aplicações, auxiliando nos problemas ambientais e dando novas oportunidades de pesquisas e produtos à indústria (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2002; ZHOU; REGENSTEIN, 2004).

Segundo Gómez-Guillén 2002, as gelatinas de peixes tropicais são mais semelhantes às de mamíferos no que diz respeito as suas propriedades reológicas porque possuem maior conteúdo de aminoácidos que as gelatinas de peixes de água fria. A gelatina de pele de tilápia (GPT) possui propriedades reológicas intermediárias a outras gelatinas de pescado.

Uma alternativa para melhorar as propriedades reológicas da gelatina é o uso de alguns agentes, como sais e enzimas com a finalidade de melhorar as propriedades, podendo haver uma melhora na viscosidade e maior força gel (ALFARO 2008).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar a interação da gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) com Alginato de Propilenoglicol, em diferentes pHs e concentrações.

### 2.2 Objetivos específicos

- Determinar o tempo de geleificação da mistura;
- Avaliar a capacidade de retenção de água dos sistemas geleificados;
- Caracterizar a estrutura desses sistemas utilizando microscopia confocal;
- Determinar a temperatura de fusão;
- Avaliar a cor da mistura.

### 3 JUSTIFICATIVA

Para resolver ou minimizar alguns dos problemas associados com as propriedades reológicas inferiores de gelatina de peixe em comparação com gelatinas de mamíferos, vem sendo estudado sistemas de geleificação mistas constituídas por gelatina de peixe combinado com hidrocolóides de origem vegetal (HAUG et al. 2004; PRANOT et al, 2007), que pode resultar em melhoras nas propriedades de gel.

Em baixo valor de pH, os alginatos precipitam-se e, por esse motivo, não são empregados em alimentos ácidos. Neste caso, se utiliza o Alginato de Propilenoglicol, no qual os grupamentos carboxílicos do alginato foram parcialmente esterificados com óxido de propileno, o que evita a precipitação do gel em pH baixo (SANDERSON, 1981; PETTITT et al. 1995).

Devido à estas propriedades do APG, justifica-se o estudo da interação com a gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*), para que ocorra uma melhora nas propriedades reológicas em pH baixo, ampliando o seu uso na indústria. Para confirmação foram realizada diferentes técnicas, que mostram a compatibilidade das amostras por não haver separação de fases, aumentando assim a força do gel e havendo uma interação positiva entre a GPT e APG.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

Para um melhor entendimento dos constituintes das misturas é necessário conhecer as propriedades individuais de cada um, que são: Alginato de Propilenoglicol (APG) e gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) (GPT).

### 4.1 Alginato

Os alginatos são obtidos de diversas espécies de algas marinhas marrons (*Phaeophyta*), onde agem como componente estrutural na parede celular e nos espaços intracelulares, promovendo rigidez e ao mesmo tempo flexibilidade à parede celular, compreendendo cerca de 40% da matéria seca das algas. A indústria produz cerca de 30 mil toneladas desse produto por ano, o que não chega a 10% do material biossintetizado anualmente pelas algas marinhas naturais. Estas macroalgas que dão origem ao alginato podem também ser cultivadas em verdadeiras fazendas marinhas, as quais se encontram em grande parte da China (GARCIA-CRUZ; SILVA, 2008).

O alginato tem grande importância comercial devido as suas propriedades geleificantes e espessante (MÜLLER; SANTOS; BRIGIDO, 2011). O alginato (ALG) é um biopolímero aniônico composto de cadeias lineares de ácido  $\alpha$ -L-glucurônico e  $\beta$ -D-manurônico, as quais em presença de íons tais como  $\text{Ca}^{++}$  formam hidrogéis, filmes (KING, 1982).

O alginato comercial produzido é aplicado em sua grande maioria na indústria de alimentos, em produtos como sorvetes, produtos lácteos e em misturas para bolos, usado também para melhorar as características sensoriais de bebidas como, por exemplo, em cerveja ajuda estabilizar a espuma (MÜLLER; SANTOS; BRIGIDO, 2011).

#### 4.1.1 Alginato de Propilenoglicol (APG)

O Alginato de Propilenoglicol (APG) derivado do alginato é um éster obtido da reação do óxido de propileno com o ácido algínico parcialmente neutralizado, o que

evita a formação de gel com os íons de cálcio e precipitação em pH baixo. Segundo Bobbio (1992) é um excelente espessante, utilizado em molhos para salada para favorecer baixos níveis de atividade na emulsão (BOBBIO, 1992). Por esse motivo ele é empregado em alimentos ácidos. APG apresenta um baixo grau de pseudoplasticidade e cremosidade sem mudanças reológicas significantes (ARAÚJO, 2004).

O alginato de propilenoglicol é estável a temperatura ambiente e a pH entre 3,0 - 4,0 porém em pH abaixo de 2,0 e acima de 6,0 perde viscosidade. O alginato de sódio tem capacidade de formar géis com ácidos e sais de cálcio, mas perde as propriedades de estabilizante e espessante em alimentos ácidos. Em 1945 nos Estados Unidos foi produzido pela primeira vez em escala comercial o alginato de propilenoglicol, um derivado do alginato, o que permitiu a utilização dos alginatos em soluções ácidas. A reação deste derivativo é mostrada a seguir na Figura 1 (PETTITT et al., 1995).

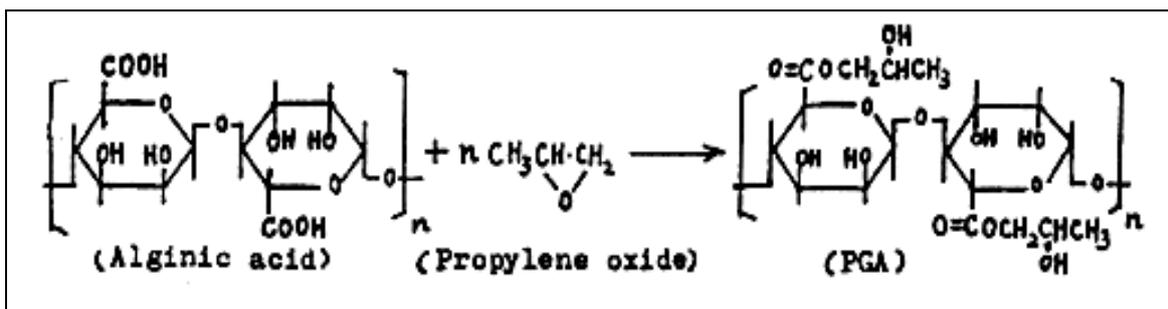


Figura 1: Reação de óxido de propileno com o ácido algínico para formar o alginato de APG

Fonte PETTITT et al. 1995)

APG é largamente utilizado como um agente espessante e estabilizante em várias aplicações alimentares, principalmente por causa da sua solubilidade em condições ácidas e baixa sensibilidade à presença de ions divalentes. Além disso, o carácter hidrofóbico introduzida pela unidade de propilenoglicol permite que este polissacarídeo modificado tenha propriedades tensoativa e emulsificante. (BAEZA et al., 2004; YILMAZER et al., 1991). Devido a essas propriedades esse polissacarídeo é utilizado em diversos alimentos com funções distintas, como no sorvete para manter a textura lisa e consistência cremosa, no milkshake como estabilizador, na cerveja para estabilizar a espuma, em tortas evita rachaduras e separação do recheio e em molhos de salada mantem a textura lisa e evita a separação de fases.

## 4.2 Gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) – GPT

### 4.2.1 História da piscicultura

Nas últimas décadas o consumo mundial per capita de pescado dobrou, essa mudança deve-se a procura de melhor qualidade de vida, principalmente novos hábitos alimentares. A população está consumindo fontes de proteínas mais saudáveis, com menor teor de gordura saturada o que vem levando o aumento da demanda por carnes de peixes (JÚNIOR; JÚNIOR, 2008).

Os dados apresentados pelo Comitê da pesca da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), realizado em julho de 2007 em Roma foram animadores. A FAO em seu relatório, revela que o setor produziu um recorde de 128 milhões de toneladas, de pescado para a alimentação humana, com uma média de 18,4 kg per capita. Segundo a publicação, a pesca e a aquicultura são também uma fonte de renda para 55 milhões de pessoas. Nesta reunião a FAO pediu aos governantes de seus países que incentivassem e concentrassem esforços para garantir uma pesca sustentável em todo o mundo (FAO, 2007).

O Brasil possui uma vasta área para cultivo da piscicultura, porém ainda não muito explorada, mas com um grande potencial para o desenvolvimento. Formado por 8.400 km de costa marítima e 5.500.000 hectares em reservatórios de águas doces o país comporta aproximadamente 12% da água disponível no planeta (SEAP, 2012). A disponibilidade de recursos hídricos, o clima extremamente favorável, a mão-de-obra abundante e a crescente demanda por pescado no mercado interno têm contribuído para alavancar a atividade. No Brasil segundo dados do Ministério da Pesca e aquicultura (MPA, 2012), o consumo per capita aparente de pescado no país em 2010 foi de 9,75 kg/ hab./ano, com crescimento de 8 % com relação ao ano anterior. Desse total, 66% do pescado consumido são produzidos no Brasil (MPA, 2012). O consumo de carne de peixe no país comparado com a média mundial ainda é baixos, isso se deve ao poder aquisitivo, hábitos alimentares e a falta de incentivos governamentais.

A piscicultura comercial brasileira é bastante variada, porém o maior volume de cultivo e comercialização é realizado com um pequeno número de espécie. A espécie tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é a espécie mais cultivada no Brasil, pois é de

fácil adaptação e apresenta diversas vantagens para seu cultivo, adapta-se tanto ao cultivo extensivo quanto ao sistema de criação em tanques- rede, apresentando grandes vantagens, têm fácil adaptação aos sistemas de produção, robustez, rápido crescimento, fácil produção, carne de excelente sabor e fácil aceitação. Além de ser apreciada pela indústria de filetagem, graças as propriedades sensoriais e a inexistência de espinhos em “Y” (FITZSIMMONS, 2000).

A aquicultura brasileira, apoiada na produção de tilápias é a segunda maior da América do Sul, atrás apenas do Chile. Em 2009, o país produziu quase 133 milhões de toneladas de tilápias, isso equivale a 39% do total da piscicultura continental. A tilápia é a mais consolidada das criações de peixes em cativeiro e apresenta crescimentos sólidos nos últimos anos, o que fortalece a cadeia de produção. A maior produção se concentra em três polos: Região nordeste, noroeste paulista e oeste paranaense, com diferentes técnicas de produção e manejo (MPA, 2012).

#### 4.2.2 Fabricação de Subprodutos dos resíduos gerados na cadeia produtiva

Uma quantidade significativa de resíduos orgânicos é gerada nas diferentes etapas da cadeia produtiva, que acaba se apresentando como um problema para o abatedouro. O rendimento médio do filé de tilápia é de 30%, enquanto os resíduos representam 70%, distribuído em cabeça 14%, carcaça 35%, vísceras 10% e as escamas 1%. Vem sendo incentivado o aproveitamento desses resíduos para a fabricação de subprodutos, garantindo maior lucratividade e menor impacto ambiental dessa atividade. Porém a maior justificativa é de ordem nutricional, pois é fonte de nutrientes de baixo custo. Muitos subprodutos podem ser transformados em farinha de peixe, óleo para produção de tintas, polpa de peixe, com a pele mantas, calçados e acessórios, muitas vezes esses subprodutos acabam sendo poucos atrativos para indústria, isso devido ao alto custo de investimento inicial (EMBRAPA, 2011).

#### 4.2.3 Obtenção da Gelatina de pele da tilápia (*Oreochromis niloticus*)

A pele da Tilápia pode ser retirada para a produção de gelatina, uma alternativa de aproveitamento comercial e de um novo produto para as pessoas que tenham alguma restrição para consumir gelatina de mamífero, seja ela de ordem cultural, religiosa ou por problemas de saúde. Entretanto são encontrados alguns inconvenientes como menor formação de géis que a gelatinas convencionais e propriedades reológicas inferiores (GUDMUNDSSON, 2002). Isso pode ser explicado pela diferença da composição dos aminoácidos especialmente no conteúdo de prolina e hidróxidoprolina por isso deve se intensificar os estudos, para poder aumentar sua utilização (NORZIAH et Al. 2009).

A gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) proporcionará a indústria de alimentos a possibilidade de fabricação de sobremesas a pessoas que por algum fator não consomem a gelatina de mamífero, opção de um novo produto no mercado além da produção de filmes para embalagens biodegradáveis, devido a capacidade de a gelatina formar géis termorreversíveis (MORAES et al. 2009). Os biofilmes atuam como uma barreira protegendo o produto contra a umidade, oleosidade, gases entre outros fatores externos aumentando a vida útil do produto. Podem ainda manter as qualidades sensoriais desejáveis em um alimento, como à cor, sabor, textura, odor, doçura, acidez, ainda conter aditivos alimentícios como antioxidantes e antimicrobianos. A gelatina vem sendo pesquisada para produção cápsulas, podendo essas ser utilizadas como material de parede para a fabricação de micropartículas, com diferentes aplicações, auxiliando nos problemas ambientais e dando novas oportunidades de pesquisas e produtos à indústria (GÓMEZ-GUILLÉN et al. 2002; ZHOU, REGENSTEIN, 2004).

Segundo Gómez-Guillén (2002) as gelatinas de peixes tropicais são mais semelhantes às de mamíferos no que diz respeito as suas propriedades reológicas porque possuem maior conteúdo de aminoácidos que as gelatinas de peixes de água fria. A gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) possui propriedades reológicas intermediárias para outras gelatinas de pescado. Podendo haver melhor viscosidade e maior força do gel, devido o prolongamento da maturação. Uma alternativa proposta pelo autor é o uso de alguns agentes, como sais e enzimas com a finalidade de melhorar as propriedades reológicas da gelatina (ALFARO, 2008). A este respeito, a gelatina de peixe tem se destacado como uma melhor alternativa para substituir gelatinas de

mamíferos, particularmente com suas propriedades, tais como ponto de fusão mais baixo, resultando na rápida dissolução na boca sem deixar resíduo. No entanto, a produção de gelatina de peixe ainda é recente, contribuindo apenas com 1% do orçamento anual mundial de produção de gelatina (ARNESEN; GILDBERG, 2006).

#### 4.2.4 Colágeno e gelatina

A gelatina não é uma proteína que ocorre naturalmente, é derivada do colágeno da proteína fibrosa, que é o principal constituinte de pele de animais, ossos e tecido conjuntivo. A gelatina é produzida através da hidrólise parcial de colágeno nativo (BORDIGNON, 2010).

Moléculas de colágeno apresentam em sua estrutura a tripla hélice compostas por três cadeias de polipeptídios que se envolvem e formam uma estrutura 3D. Essa estrutura proporciona uma geometria ideal para ligação de hidrogênio (BORDIGNON, 2010). A hélice de colágeno pode se desdobrar e torna-se facilmente solúvel, isso depende da temperatura de desnaturação e quantidade de prolina e hidroxiprolina presente. A hidroxiprolina é o aminoácido mais importante, pois estabelece ligações de hidrogênio através do seu agrupamento OH (TE NIJENHUIS, 1997). Os aminoácidos são importantes, pois eles ajudam a estabilizar a conformação ordenada da rede formada pela gelatina (HAUG et al., 2004).

A rigorosidade e o pré-tratamento que é submetido às peles são fundamentais para extração da gelatina, nessas duas fases o colágeno é parcialmente hidrolisado. Esse processo deve ser feito sem alteração da tripla hélice, que depois é desestabilizada por um tratamento térmico subsequente por provocar o rompimento de ligações covalentes e de hidrogênio o que leva a conversão de colágeno em gelatina (MONTERO; GÓMEZ, 2000).

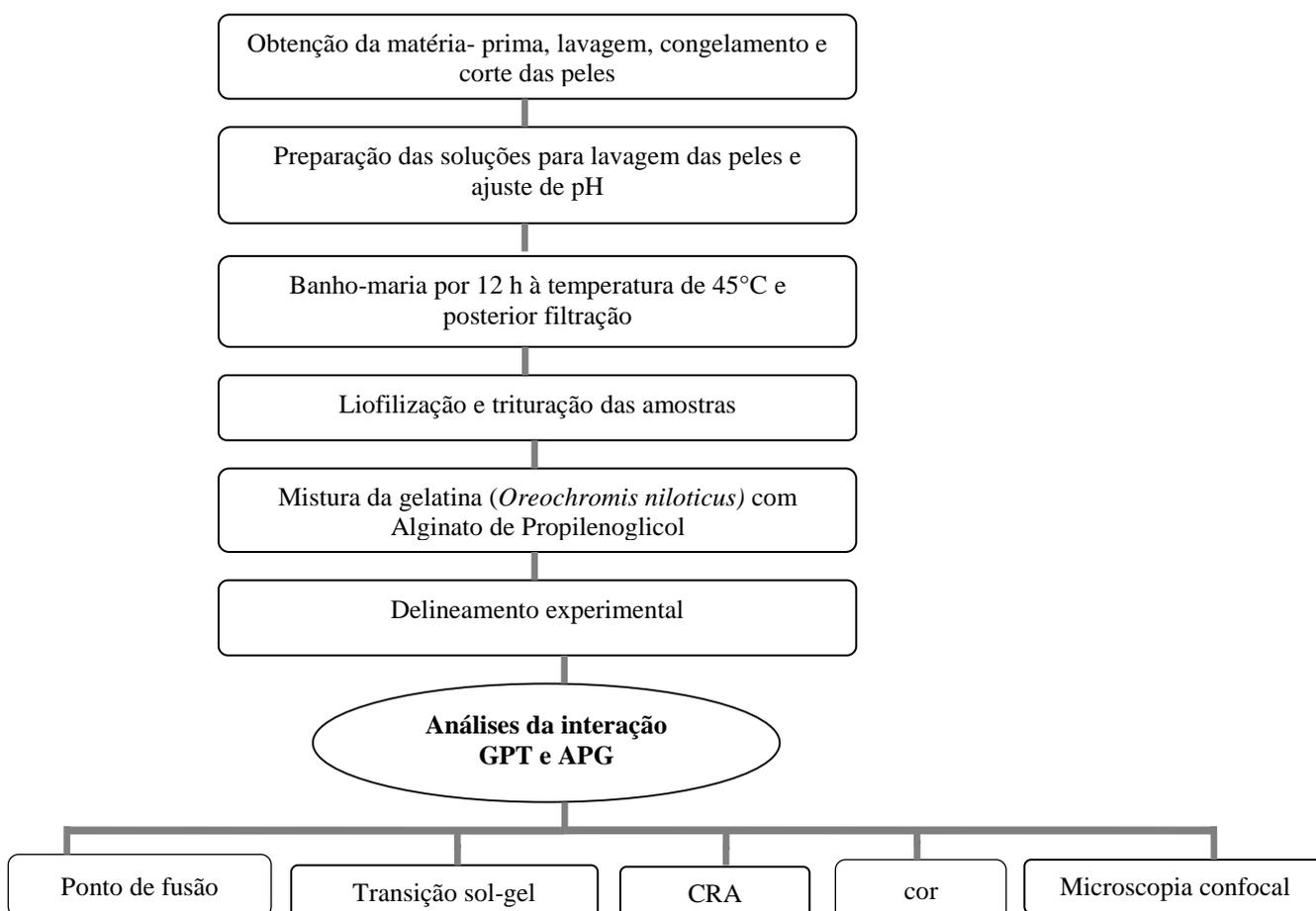
## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Material

- Gelatina de pele de Tilápia (*Oreochromis niloticus*)- GPT
- Alginato de Propilenoglicol (APG)

### 5.2 Métodos

As metodologias empregadas e a ordem das atividades realizadas estão descritas no fluxograma abaixo:



**Fluxograma 1- Atividades metodológicas realizadas.**

### 5.2.1 Metodologia para a obtenção da gelatina

A obtenção da gelatina extraída da pele de peixe de tilápia (*Oreochromis niloticus*) foi baseada na metodologia descrita por Alfaro (2008), com algumas adaptações. Primeiramente as peles foram lavadas com água corrente para retirada das escamas e sujidades aderidas durante o processamento. Em seguida, as peles foram congeladas para facilitar o posterior corte, que foi em pedaços de aproximadamente de 1x1 cm. As peles, foram submetidas a tratamento alcalino 1:10 (p/v), em solução de NaOH 0,35% por 80 minutos à temperatura ambiente. Após esse procedimento foram lavadas em água corrente para retirada da alcalinidade em excesso, até pH abaixo de 8. Em seguida, as peles foram submetidas a tratamento ácido 1:10 (p/v), em solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,35% (p/v) por 80 minutos, e lavadas em água corrente até pH próximo a neutralidade. As peles então foram submetidas ao último tratamento em solução de ácido cítrico 0,7% (p/v), por 80 minutos, e lavadas novamente em água corrente até pH próximo a neutralidade. Após esses tratamentos adicionou-se 500 mL de água destilada a 100 gramas de pele em Béqueres de 1 litro, que foram a banho-maria por 12 h em temperatura de 45°C. Após a extração, o material foi filtrado em funil de Buchner com papel de filtro Whatman nº 4, liofilizado e moído.

### 5.2.2 Delineamento experimental e preparo das amostras

Para a definição dos componentes e das concentrações utilizadas, foram realizados pré-testes da mistura. Com uma concentração fixa de gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) 6,67%, com diferentes polissacarídeos (Goma Xantana, Carboximetilcelulose e Alginato de Propilenoglicol) variando as suas concentrações. Sendo o APG, o polissacarídeo com melhor resultado. Os valores dos pHs foi determinado devido a GPT ser estável a pH inferiores a 6,0, procurando a melhora das suas propriedades com a mistura de APG e assim, otimizar e ampliar o seu uso.

O experimento foi conduzido utilizando o delineamento fatorial 2x2, com duas variáveis independentes e 2 níveis (1 e -1), com 3 repetições no ponto central (C). Este delineamento foi realizado para as misturas de gelatina GPT e APG. Conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Níveis e valores das variáveis independentes: concentração de APG e pH

Amostras	Componentes no delineamento		Componentes originais	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	APG (%)	pH
7C (1)	0	0	0,5	4,5
4	1,	1	1,0	6,0
5C (2)	0	0	0,5	4,5
2	1	-1	1,0	3,0
3	-1	1	0,0	6,0
1	-1	-1	0,0	3,0
6C (3)	0	0	0,5	4,5

C = ponto central; (n) = n° da repetição no ponto

### 5.2.3 Transição sol-gel (tempo de geleificação)

O tempo de transição sol-gel foi determinado por modificação da metodologia de Relkin et al. (1998) descrita por Martinez, Farías e Pilosof (2011), onde os géis foram obtidos por meio da mistura contendo 6,67% de GPT mais APG (0, 0,5 e 1%) a pH 3,0, 4,5 e 6,0. Onde tubos hermeticamente fechados contendo 2 ml das amostras foram observados ao longo do tempo (minutos) em temperatura constante de 25°C. O tempo de geleificação ( $t_{til}$ ) foi definido quando sob inclinação as amostras não deformaram o menisco e a taxa de geleificação ( $V_{til}$ ) foi calculada como  $1/t_{til}$ . Os testes foram conduzidos e analisados em triplicata, sendo o valor médio das amostras considerado.

### 5.2.4 Capacidade de retenção de água (CRA)

A capacidade do gel em reter água, lipídios, açúcares e outros componentes é muito importante no desenvolvimento de novos produtos, como salsichas, produtos de panificação e sistemas geleificados. Considera-se como água retida a soma da água ligada, livre e fisicamente retida no gel (PUPPO; LUPANO; AÑÓN, 1995; DAMODARAN, 1996). Para esta análise foi avaliada a capacidade de retenção de água no sistema quando exposto a uma força centrípeta.

Os géis (GPT 6,67% mais APG em diferentes pHs) foram preparados e armazenados a temperatura de 25°C. As amostras e a análise foram realizadas em triplicata. Amostras em forma de disco (1.5-2g) foram divididas em duas partes, posteriormente cada parte foi envolta em papel de filtro (Whatman n° 1) previamente pesado e tarado, e colocadas em tubos de centrífuga de capacidade de 50 mL. (IKEDA; FOEGENDING, 1999). A quantidade de água liberada foi determinada gravimetricamente após centrifugação a 1500rpm/5min. Sendo a CRA expressa em porcentagem de água retida conforme Equação 1.

---

(1)

Onde:

Água liberada = quantidade de água retida no papel de filtro;

Água gel = quantidade inicial de água na amostra.

### 5.2.5 Microscopia Confocal

Após preparo das amostras (GPT 6,67% mais APG em diferentes pHs), foi adicionado 1 mg de corante rodamina, e desta mistura utilizou-se 1 gota para cada lâmina, essas foram cobertas com lamínulas e seladas com esmalte incolor. Após 24 horas foram analisadas em microscópio eletrônico no Laboratório de Microscopia Eletrônica – UFPR, Curitiba. As imagens foram geradas no computador acoplado ao microscópio. A análise foi realizada em triplicata.

### 5.2.6 Ponto de Fusão

A temperatura do ponto de fusão foi realizada baseando-se no método apresentado por Choi e Regenstein (2000). Os géis foram preparados em tubos de ensaio de 5 mL e armazenados a temperatura de refrigeração por 12-18 horas para a maturação.

Posteriormente foram adicionadas, sobre o gel, cinco gotas de uma mistura de 75% de clorofórmio e 25% do corante azul de metileno. O gel foi colocado em banho-maria a temperatura ambiente e aquecido a  $0,5^{\circ}\text{C}$  a cada 5 min até atingir a temperatura de fusão. A temperatura do banho foi lida através de termômetro e o ponto de fusão foi determinado, em triplicata, no momento em que as gotas coradas começaram a se mover para o interior do gel (CHOI; REGENSTEIN, 2000).

### 5.2.7 Avaliação de cor

A determinação de cor foi realizada utilizando espectro colorímetro esférico Hunter Ultrascan (mod. Minolta Cr-300 series), no gel (GPT 6,67% mais APG em diferentes pHs) após  $18 \pm 1$  h de maturação à temperatura de  $7 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Para determinação da cor foi utilizado o método descrito por Cole e Roberts (1996).

### 5.2.8 Análise estatística

Os dados foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e teste de média de Tukey ( $p < 0,05$ ) com auxílio do software Statistica 7.1 (STATSOFT, Michigan, USA) e os gráficos obtidos pelo programa Origin 8.0 (OriginLab Corporation, MA, USA). Para classificar as médias do teste tukey foi utilizado dois efeitos o APG e pH.

Para cada análise estatística foi construído um modelo de regressão. O qual está apresentado na Equação 2 abaixo. Este modelo construído, demonstra de forma codificada o comportamento da mistura, GPT e APG e também de suas variáveis individualmente.

$$\text{Modelo de regressão padrão: } \beta_0 + \beta_1.X_1 + \beta_2.X_2 + \beta_{1.2} X_1.X_2 + \varepsilon \quad (2)$$

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Tempo de geleificação

O tempo de geleificação, também chamado de transição sol-gel ocorre quando moléculas de gelatina sólidas são parcialmente reestruturadas (JOHNS; COURTS, 1977). O tempo dessa transição pode ter variações devido às proporções de prolina e hidroxiprolina da molécula de gelatina original (LEDWARD, 1986; GILSENAN; ROSS-MURPHY, 2000) e do pré-tratamento empregado.

Este tempo foi determinado em minutos para as 7 amostras analisadas contendo 6,67% de GPT e APG (0, 0,5 e 1,0%) em diferentes pHs (3,0, 4,5 e 6,0) com repetições no ponto central (c) conforme tabela 2.

Tabela 2 - Tempo de geleificação das amostras

Amostras	% APG	pH	Tempo de geleificação (min.)
1	0	3,0	300
2	1	3,0	19
3	0	6,0	120
4	1	6,0	12
5c	0,5	4,5	18
6c	0,5	4,5	17
7c	0,5	4,5	18

Na tabela 2, nota-se que a amostra 1, a qual não contém APG em sua composição em pH 3,0 foi a que levou maior tempo de geleificação (300 minutos), seguida da amostra 3 sem APG à pH 6,0 com o tempo de 120 minutos. Essa diferença de tempo de geleificação pode ser explicada devido a diferença do pH, pois segundo Choi; Regenstein, (2000) a gelatina em valores de pH abaixo de 5,0 diminui acentuadamente sua viscosidade, isto ocorre provavelmente devido ao aumento da carga líquida positiva nas cadeias, o que pode inibir a formação da zona de junção e, portanto,

resultar em um declínio ou rigidez do gel, influenciado pela quantidade de ácido, devido a isso a amostra 3 com pH superior a 5,0 formou gel mais rápido.

Nas amostras 2, 4, 5, 6, e 7 nota-se que houve uma diminuição acentuada no tempo de formação de gel, isso devido a adição do APG, que entre as suas propriedades, ajuda formar um corpo de gel desejável resistente a rachaduras e precipitação em pH baixo, mesmo após repouso durante um longo período (FONSECA, 2009). Com relação as amostras com adição do polissacarídeo (0,5 e 1%) não houve diferença de tempo de geleificação entre as amostras.

Na amostra 2 contendo 1 % APG a pH 3,0 o tempo de geleificação foi de 19 minutos, enquanto a amostra 4 com a mesma concentração de APG em pH 6,0 foi de 12 minutos. Essas amostras apresentaram o tempo bem menor se compararmos a amostra 1 e 3, demonstrando assim que o APG ajudou na obtenção do gel.

A diferença entre o tempo de geleificação das amostras 2 e 4 está associado ao ponto isoelétrico da gelatina, que segundo WAINWRIGHT (1977) varia entre pH 6,0 e 9,0. Geis formados em pH perto do ponto isoelétrico são mais compactos e mais rígidos, pois é onde as proteínas são mais neutras e os polímeros da gelatina aproximam-se um do outro, formando assim um gel de melhor qualidade (GUDMUNDSSON; HAFSTEINSSON, 1997). Dessa forma a amostras 4, a qual tem seu pH mais próximo do ponto isoelétrico da gelatina, apresentou menor tempo de geleificação.

Nas amostras 5, 6 e 7, notou-se que a variação do polissacarídeo não influenciou, apenas o pH teve efeito sob o tempo de geleificação em relação as demais amostras com APG.

Para a confirmação do resultado, foi realizado a análise de variância (ANOVA), e o teste de média tukey com nível de confiança de 95%, os quais confirmaram estatisticamente que as variáveis independentes, o APG e o pH, influenciaram para a diminuição do tempo de geleificação, conforme demonstrado na tabela 3 e 7.

Tabela 3 - Análise de variância (ANOVA) do delineamento linear para o tempo de geleificação

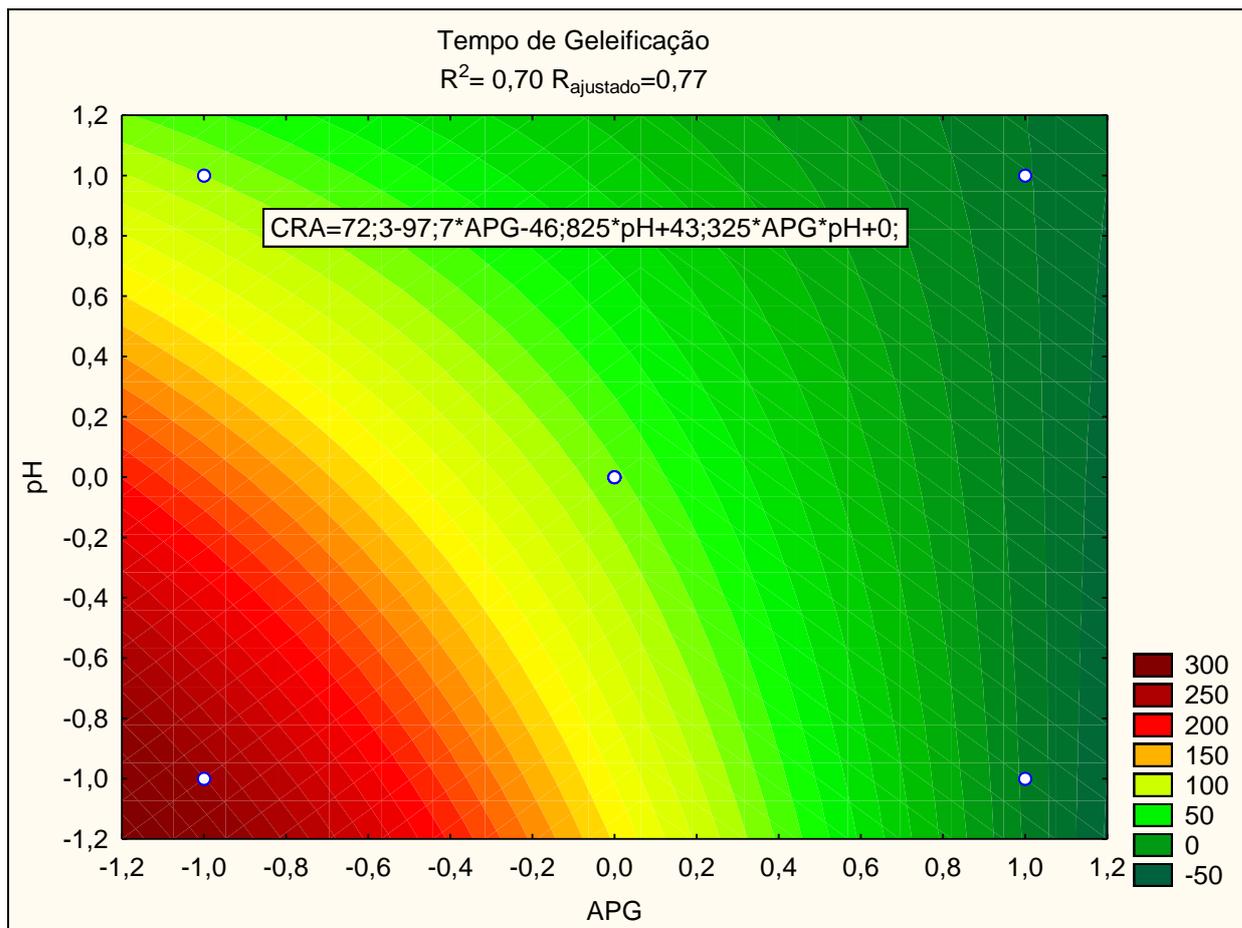
<b>Análise de variância e regressão</b>				
<b>Variável</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>GL</b>	<b>P</b>
<b>APG</b>	76479,6	76479,61	1	0,000000
<b>pH</b>	17540,6	17540,65	1	0,000000
<b>APG* pH</b>	15016,4	15016,45	1	0,000000

SQ= soma quadrática; QM= quadrado médio; GL= grau de liberdade; p=nível de significância

Nota-se também que a interação do APG com o pH também influenciou significativamente ( $p < 0,05$ ) na diminuição do tempo de geleificação. A partir da análise de variância (ANOVA) foi gerado o modelo de regressão, que expressa de forma codificada o comportamento da mistura conforme Equação 3.

$$\text{Tempo de Geleificação} = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \beta_{1.2} X_1 \cdot X_2 + \varepsilon \quad (3)$$

O teste-F validou o modelo, sendo possível construir a superfície de resposta, conforme figura 2, permitindo a visualização do comportamento da GPT em função do APG e pH, a qual também demonstrou resultados positivos a ( $p < 0,05$ ).

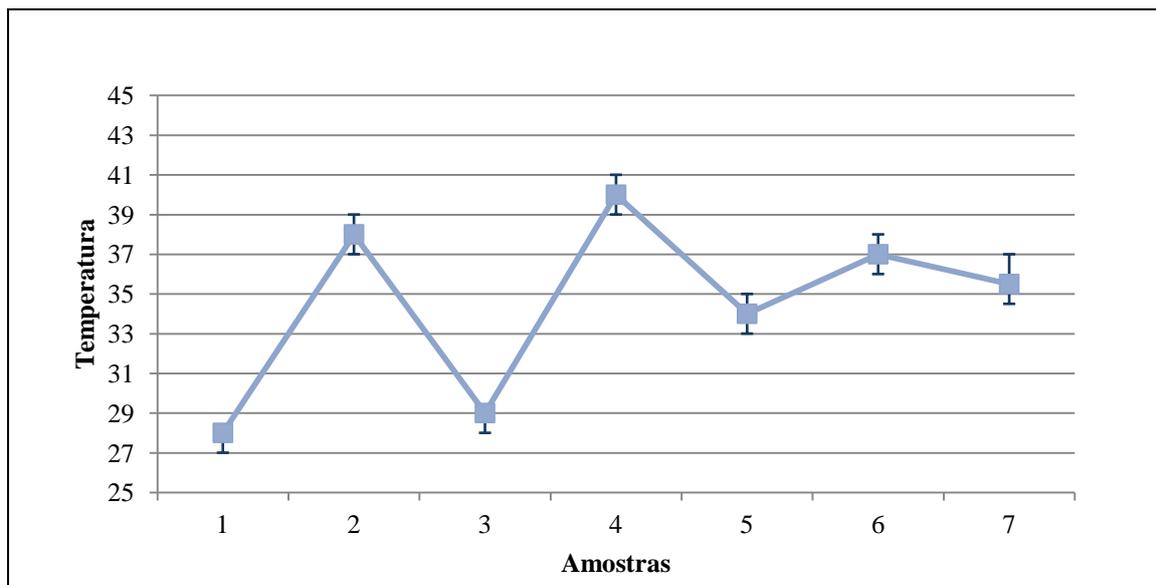


**Figura 2 - Diagrama binário da superfície de resposta do pH e APG em função do tempo**

## 6.2 Ponto de fusão

O ponto de fusão é determinado quando ocorre a desnaturação da estrutura. As temperaturas de fusão variam muito, dependendo do pré-tratamento aplicado à gelatina e a proporção de prolina e hidroxiprolina da molécula original (LEDWARD, 1986; GILSENAN; ROSS-MURPHY, 2000; MONTERO et al., 2002).

No gráfico 1, temos as temperaturas de fusão da mistura da gelatina de pele de tilápia com o alginato de propilenoglicol.



**Gráfico 1 - Ponto de fusão para cada amostra em função da temperatura. Barra de erro: erro padrão**

Para as amostras 1 à pH 3,0 e 3 à pH 6,0 que não continham APG apresentaram temperaturas de fusão bem próximas, 28 e 29°C respectivamente, podendo se dizer que o pH, a única variável entre elas, não interferiu no resultado das amostras. Resultado próximo ao encontrado por Alfaro (2008), onde o ponto de fusão da gelatina de pele de tilápia foi à temperatura de 25°C aproximadamente.

Assim como observado para o tempo de geleificação, a adição de APG em diferentes concentrações proporcionou a elevação da temperatura de fusão. Devido a sua propriedade geleificante, dando maior estabilidade à estrutura, sendo assim necessário aplicar temperaturas mais elevadas para que ocorresse a desnaturação.

As amostras 2 e 4 foram as que desnaturaram em temperaturas maiores, 38,7 e 40° C respectivamente, isso se deve a adição de APG que foi de 1%. Enquanto, nas amostras 5, 6 e 7, que apresentam temperatura de fusão na faixa de 34 e 36°C continham 0,5% do polissacarídeo. Considerando o exposto pode-se afirmar que o polissacarídeo interferiu positivamente na formação da rede. Isso se confirma na análise estatística (ANOVA), conforme tabela 4.

Tabela 4 - Análise de variância (ANOVA) do delineamento linear para o ponto de fusão

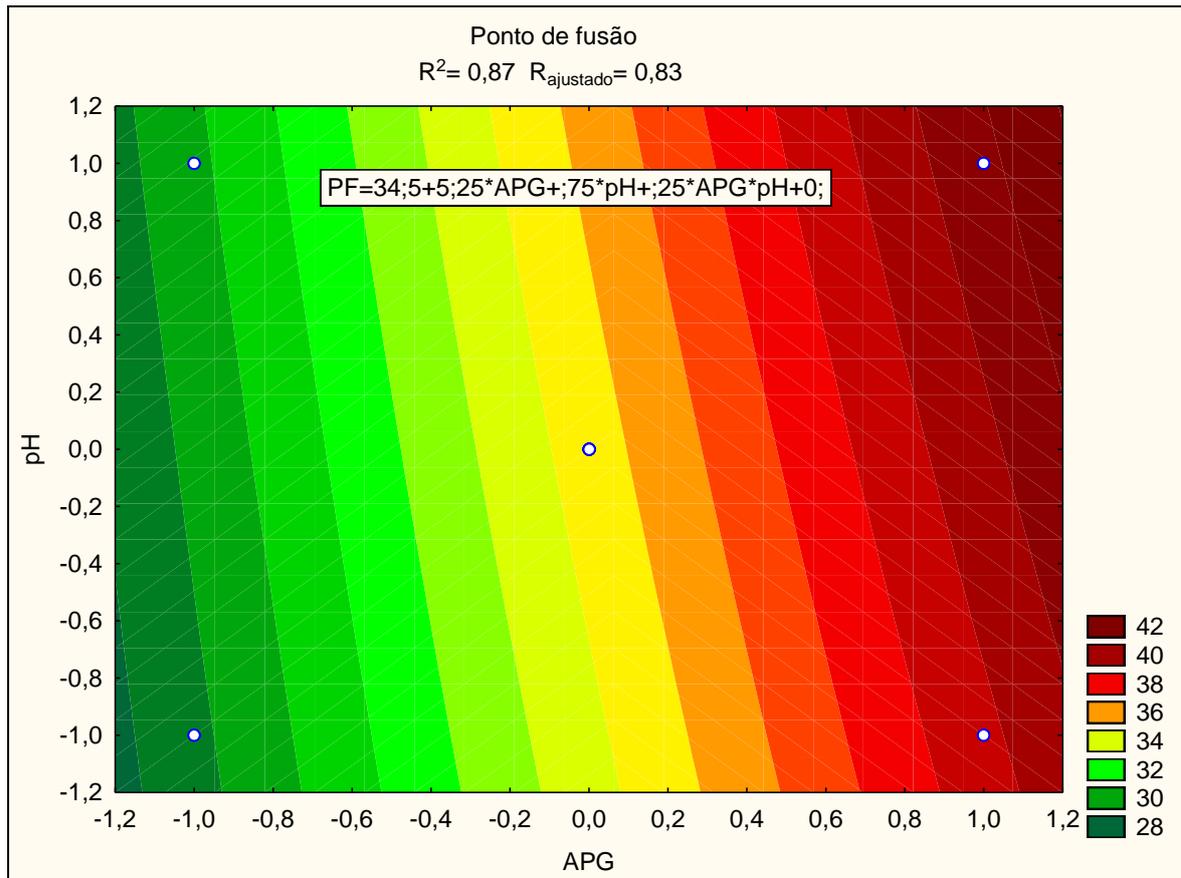
Análise de variância e regressão				
Variável	SQ	QM	GL	P
APG	220,5000	220,5000	1	0,000005
pH	4,5000	4,5000	1	0,203142
APG* pH	0,5000	0,5000	1	0,658158

SQ= soma quadrática; QM= quadrado médio; GL= grau de liberdade; p=nível de significância

Nota-se na tabela 4 que a única variável que interferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) na temperatura do ponto de fusão foi o APG. Sendo positivo, pois aumentou a resistência da mistura à temperaturas elevadas, comparada a GPT pura. Para o teste de médias tukey (tabela 7), demonstrou que para os níveis (-1, 0, 1) de viação de APG, houve diferença entre todas as médias, já para o pH não apresentou diferença entre as médias nos 3 níveis de variação. Podendo se concluir que o polissacarídeo foi a única variável que influenciou significativamente para o aumento da temperatura no ponto de fusão. Sendo os diferentes valores de pHs insignificantes para esta análise. O que também está demonstrado na Equação 4.

$$\text{Ponto de fusão} = \beta_0 + \beta_1.X_1 + \beta_2.X_2 + \varepsilon \quad (4)$$

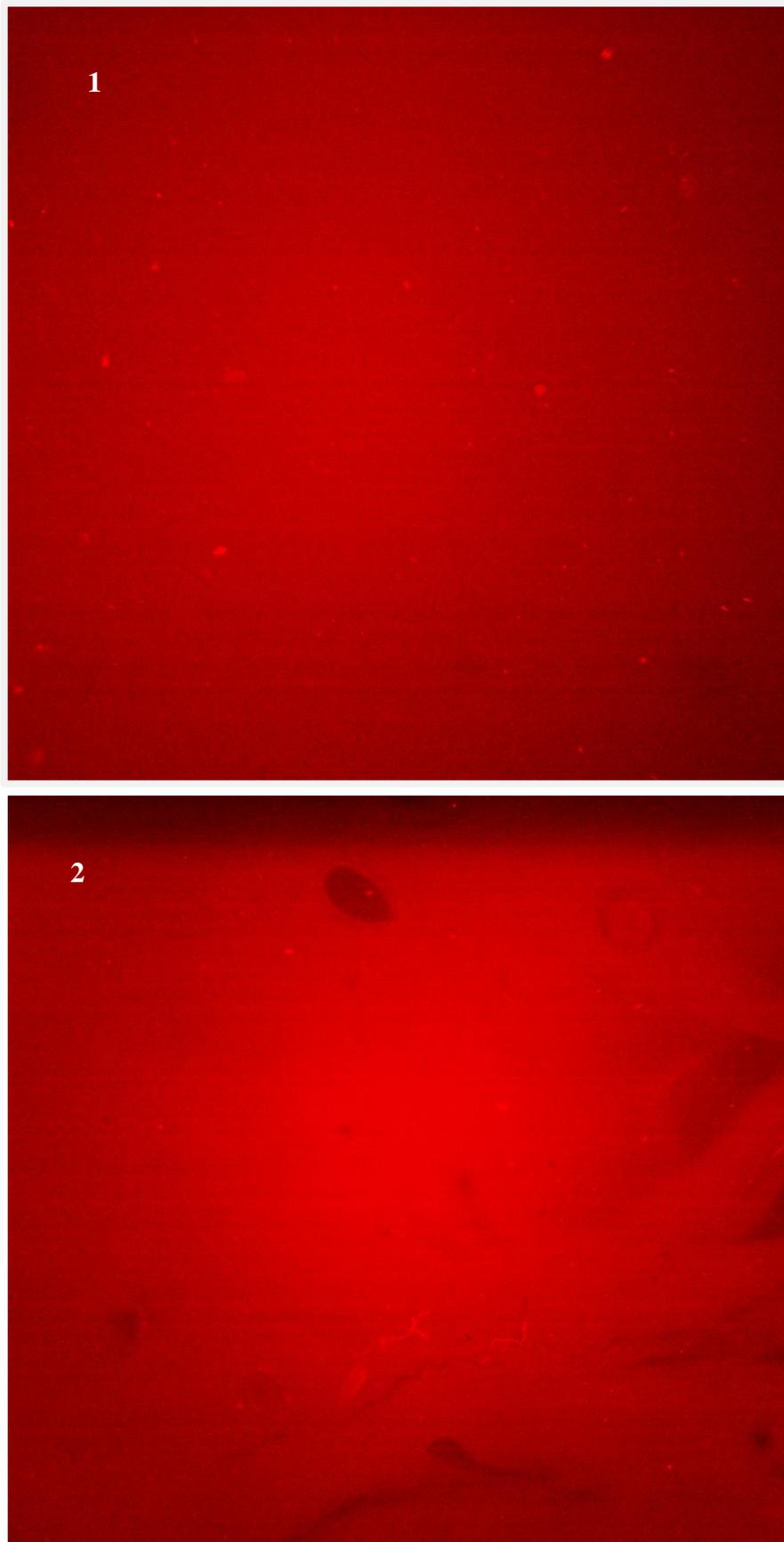
Na figura 3 está demonstrado o diagrama de superfície de resposta, o qual possibilita a visualização do comportamento da mistura em função da elevação da temperatura.



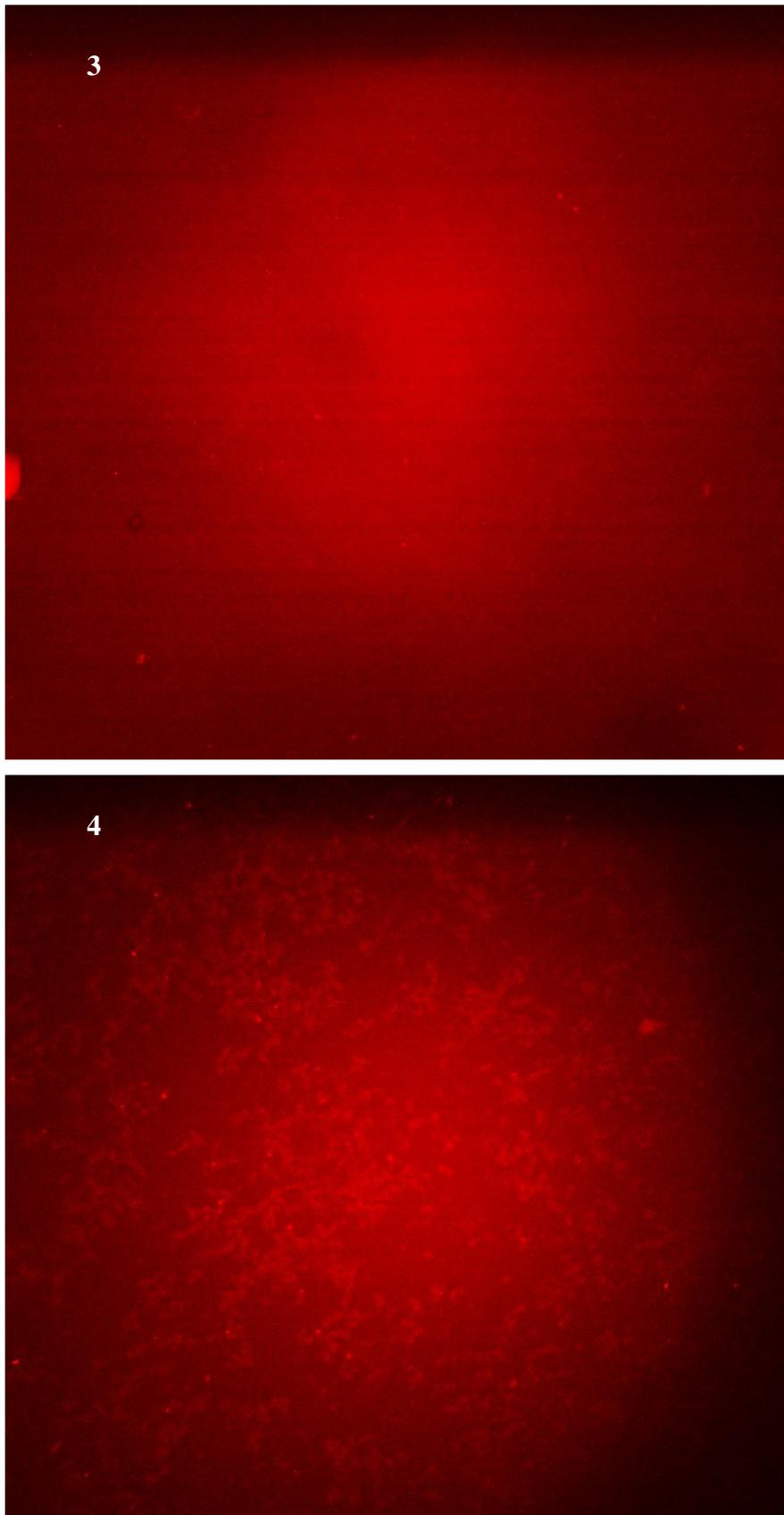
**Figura 3 - Diagrama binário da superfície de resposta do pH e APG em função da temperatura**

### 6.3 Microscopia confocal

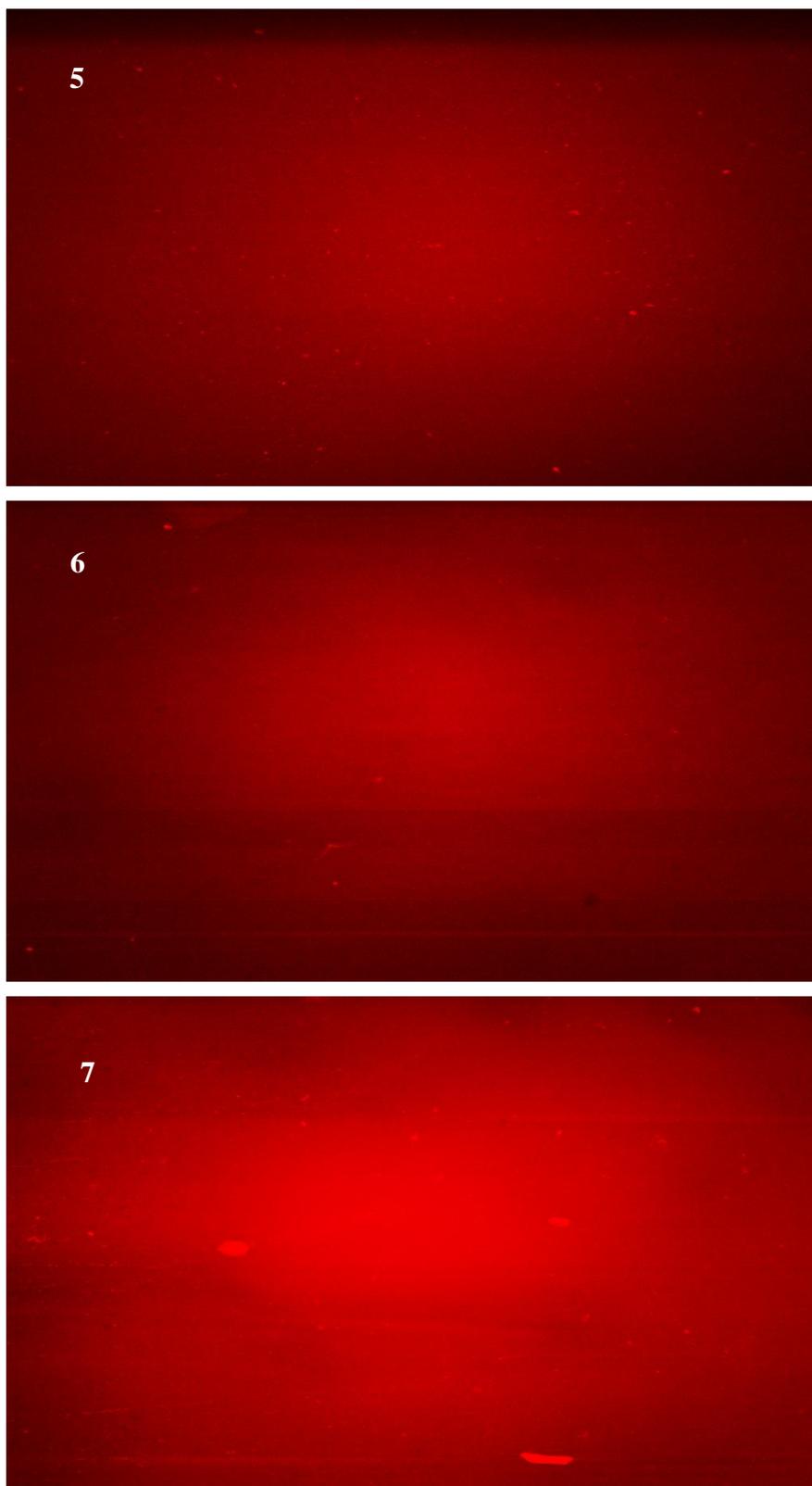
Há um interesse crescente no mecanismo de misturas de polímeros, por conferir as propriedades texturais desejadas e estabilidade aos produtos alimentares. A microestrutura e a distribuição de fases dos sistemas mistos de polímero dependem de vários fatores, tais como a concentração dos polímeros, pH, a distribuição de peso molecular, a temperatura, o pré-tratamento e as propriedades dos polímeros individuais (TOLSTOGUZOV, 1991, ZASYPKIN et al., 1997). As figuras 4, 5 e 6 mostram a estrutura das amostras.



**Figura 4 - Microestrutura das amostras 1 e 2**



**Figura 5 - Microestrutura das amostras 3 e 4**



**Figura 6 - Microscopia das amostras 5, 6 e 7**

As misturas de GPT e APG, apresentaram-se homogêneas e estáveis, isso pode ser explicado pela estrutura química da gelatina de pele tilápia, que tem carga positiva e do APG que apresenta carga negativa, com isso ocorre à interação dos polímeros, formando uma rede de gel compacta, a qual impossibilita a separação de fases entre os componentes.

As amostras 1 e 3 que continham 6,67% de GPT e pH ajustados a 3,0 e 6,0 respectivamente, apresentaram-se semelhantes. Já as amostras 2 e 4 que tinham 1% de APG, foram as que apresentaram maior diferença entre as demais, podendo-se observar aglomerações na mistura, a qual já era percebida visualmente durante a preparação, devida a uma intensa geleificação quando ajustado o pH. Então pode-se dizer que o pH e adição do polissacarídeo interferiu na geleificação, sendo mais intensa na amostra 4 com pH 6,0 em comparação com a amostra 2, que continha a mesma porcentagem de APG a pH 3,0.

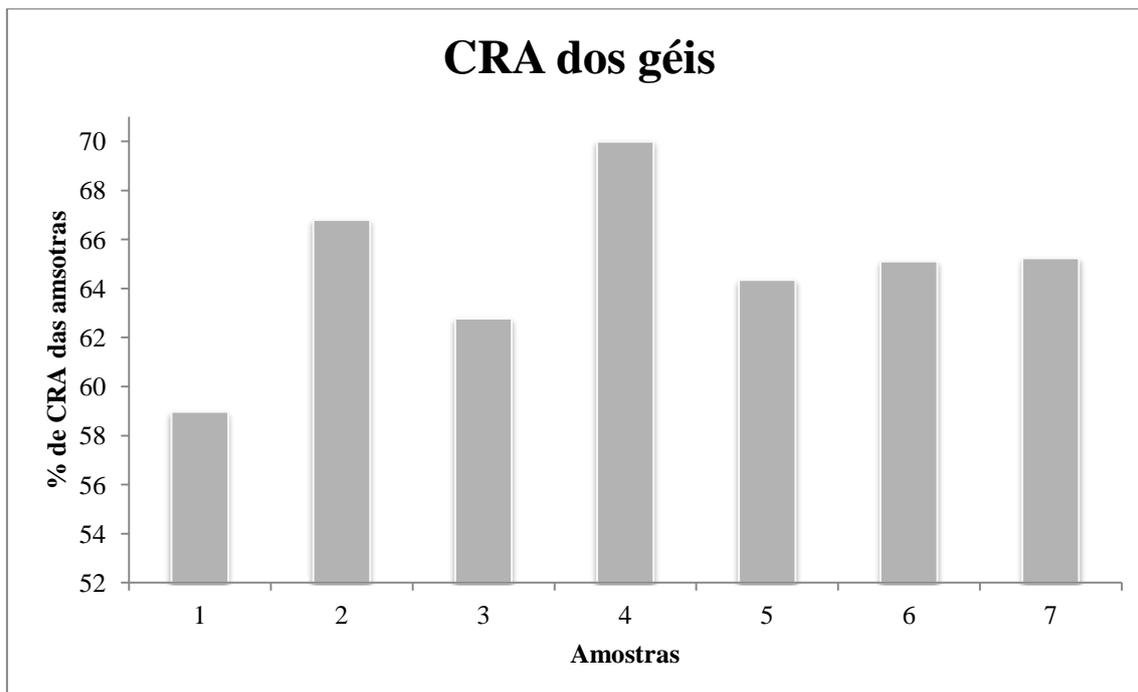
As demais amostras, 5, 6 e 7, com 6,67% de GPT e 0,5% de APG, a pH 4,5, apresentaram-se estáveis, podendo ser visualizadas algumas aglomerações, em virtude da menor quantidade de APG e pH ajustado inferior a da amostra 4.

Essa interação e a não separação de fase nas misturas são muito positivas, pois em outros estudos, com gelatina e polissacarídeos, na maioria das condições estudadas ocorre separação de fases. Conforme estudo com carragena e maltodextrina (PRANOT, et al., 2006; LORÉN et al 1998).

#### 6.4 Capacidade de retenção de água (CRA)

A capacidade do gel em reter água depende de sua força, interações fracas dos géis tende a perder mais água, assim como géis com interação mais forte retém mais água em sua estrutura. A gelatina apresentou melhoras nas ligações das redes com adição do polissacarídeo, ou seja, fortaleceu a interação das ligações resultando numa melhor retenção de água.

Os resultados estão representados no gráfico 2.



**Gráfico 2 - Capacidade de retenção de água das amostras**

As amostras 1 e 3 sem APG, e ajustadas a pH 3,0 e 6,0 respectivamente, apresentaram valores próximos para capacidade de retenção de água 58,97 e 62,77%. Essa baixa CRA deve-se a formação de redes de gel fracas, por conterem apenas um componente em sua mistura.

Os valores da CRA das amostras 5, 6 e 7 foram 64,35, 65,1 e 65,23% respectivamente. Comparadas com a 1 e 3 tiveram um pequeno aumento na porcentagem de retenção de água devido a adição de 0,50% de APG.

Enquanto a amostra 2 com CRA de 66,8% e a amostra 4 com 69,99%, foram as que apresentaram melhores resultados, podendo se dizer que o APG (1%) influenciou ainda mais para a melhora na formação da rede de gel, pois a capacidade de retenção de água é um indicativo da intensidade da interação das redes na formação dos géis. Quando essa interação é maior, forma um gel forte, conseqüentemente, tem maior CRA e vice-versa. (BURGARDT, 2012). A influência do APG na melhora da CRA foi confirmada a partir da análise de variância (ANOVA), conforme apresentado na tabela 5.

Tabela 5 - Análise de variância (ANOVA) do delineamento linear para a CRA

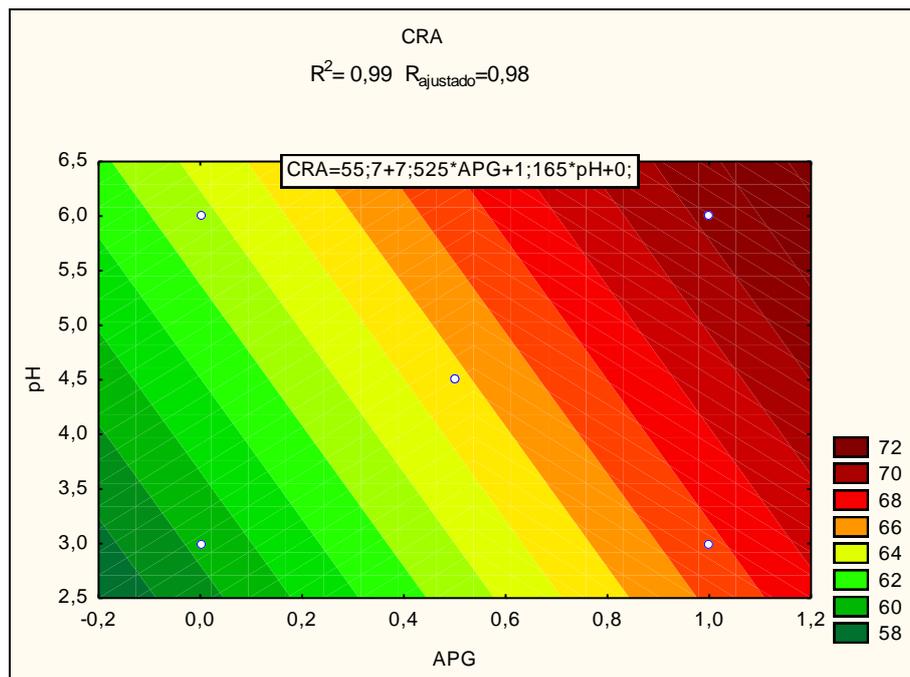
Análise de variância e regressão				
Variável	SQ	QM	GL	P
APG	56,62562	56,62562	1	0,003961
pH	12,21503	12,21503	1	0,179750
APG* pH	*	*	*	*

SQ= soma quadrática; QM= quadrado médio; GL= grau de liberdade; p=nível de significância  
\*não houve interação

Pode-se notar também que os diferentes valores de pH não influenciaram na melhora da CRA, pois não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras. A partir da análise e do modelo de regressão, observou-se que a interação entre APG e o pH não foi positiva segundo Equação 5.

$$CRA = \beta_0 + \beta_1.X_1 + \beta_2.X_2 + \varepsilon \quad (5)$$

A partir dos resultados da análise, foi construído a superfície de resposta para visualização da interação dos componentes, em função da capacidade de retenção de água.



**Figura 7 - Superfície de resposta e diagrama de contorno do pH e APG para a CRA**

Com base na figura 7 confirma-se que apenas o APG teve significância ( $p < 0,05$ ) para capacidade de retenção de água. Mesmo com a melhora das ligações das redes dos géis com a adição do APG, todas as amostras foram classificadas como géis de baixa qualidade, pois segundo Burgardt (2012), abaixo de 80% de CRA os géis já são considerados fracos.

### 6.5 Análise de cor

Foram analisadas as 7 amostras GPT com APG em triplica, sendo usada a média dos resultados obtidos para este atributo está apresentado na tabela 6.

Tabela 6 - Análise de cor para a mistura GPT e APG

Amostras	Cor		
	L	a	B
1	76,96	-0,34	1,25
2	71,23	-0,39	0,24
3	78,26	-0,34	1,93
4	66,82	-0,34	0,35
5	65,69	-0,32	0,85
6	68,67	-0,36	0,60
7	63,70	-0,51	0,75

Valores médios referentes a três determinações

Cor: L – brilho; a – vermelho – verde; b – amarelo – azul

As amostras 1 e 3 que continham apenas gelatina de pele de GPT apresentaram coloração amarela translúcida e brilhosa, resultados parecidos com estes foram encontrados por Alfaro (2008) com valores de L= 89,25, a= -0,44 e b= 2,48, os quais se assemelham os valores da gelatina comercial, que geralmente variam de amarelo pálido a âmbar escuro (COLE; ROBERTS, 1997).

Para as amostras 2 e 4 que continham 1% de APG em sua mistura, apresentaram coloração amarela esbranquiçada e menos brilhosa, como valores menores aos anteriores. Para as amostras 5, 6 e 7 com 0,5% de APG resultaram em coloração amarela opaca e brilho semelhante as amostras 2 e 4.

Dessa forma, pode-se afirmar que com a mistura do APG teve uma pequena alteração na cor, deixando-as um pouco mais esbranquiçada em relação a gelatina pura. Sendo possível substituir a gelatina comercial por esta mistura de GPT e APG, sem se notar alterações no produto final, pois visualmente esta diferença não é relevante.

## 6.6 Testes das médias

Os resultados dos Testes das médias tukey para as análises de tempo de geleificação, ponto de fusão e capacidade de retenção de água estão demonstradas na tabela 7.

Tabela 7- Teste das médias tukey para o APG e pH nos diferentes níveis de variação

Níveis das Variáveis	APG			pH		
	-1	0	1	-1	0	1
<b>T.Gel</b>	211,05a	17,67b	15,5b	160,1a	17,67b	66,45b
<b>T. fusão</b>	28,5a	35,5b	39c	33a	35,5a	34,5a
<b>CRA</b>	60,8a	65,5a	68,3b	62,7a	65,4a	66,4a

## 7 CONCLUSÃO

As variáveis Alginato de Propilenoglicol e pH influenciaram significamente para diminuição do tempo de geleificação. Já para o tempo de fusão, o polissacarídeo foi à única variável que influenciou significativamente para o aumento da temperatura. Sendo considerado o resultado positivo, pois o APG aumentou a resistência da mistura à temperaturas elevadas.

A mistura de GPT e APG apresentou-se homogênea e estável, podendo afirmar que ocorreu à interação dos polímeros, formando uma rede de gel compacta, a qual impossibilitou a separação de fases. Quanto a cor, não houve alterações significativas com a adição do polissacarídeo.

O APG interferiu de forma direta na formação da rede de gel, aumentando significativamente a capacidade de retenção de água dos géis. Mesmo com a melhora da CRA do gel com a adição do polissacarídeo, estes foram classificados como géis fracos.

De forma geral, podemos concluir que o estudo da mistura de gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) com o Alginato de Propilenoglicol foi positiva, pois em todas as análises houve melhoras significativamente a ( $p < 0,05$ ) comprovadas estatisticamente.

## REFERÊNCIAS

ALFARO, A. T. **Otimização das condições de extração e caracterização da gelatina de pele de tilápia (*Oreochromis urolepis hornorum*)**. Tese, Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas. 103p. Pelotas, 2008.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3ª ed. Viçosa: UFV,2004.

ARNESEN, J. A., GILDBERG, A. Extraction of muscle proteins and gelatin from cod head. *Process Biochemistry*, v.41, p.697–700, 2006.

BAEZA, R., CARRERA SANCHEZ, C., PILOSOFF, A. M. R., RODRÍGUEZ PATINO, J. M. **Interfacial and foaming properties of propylenglycol alginates. Effect of degree of esterification and molecular weight**. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 36, p.139 -145, 2004.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992, p. 67.

BORDIGNON, A. C. **Caracterização da pele da gelatina extraída de peles congeladas e salgadas de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação de mestrado em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá ,114 p, Maringá, 2010.

BURGARDT, V. C. F. **Estudo das interações físico-químicas entre caseinomacropéptido e carboximetilcelulose: efeito do pH e concentração**, tese, de doutorado em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná, 165p, Curitiba, 2012.

COLE, C. G. B.; ROBERTS, J. J. Changes in the molecular composition of gelatin due to the manufacturing process and animal age, as shown by electrophoresis. **Journal of the Society of the Leather Technologists and Chemists**, v. 80, p. 136–141, 1996.

CHOI, S. S.; REGENSTEIN, J. M. Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin. **Journal of Food Science**. v. 65, p. 194-199, 2000.

DAMODARAN, S. Functional properties. In S. Nakai & H. W. Modler (Eds.), **Food proteins: properties and characteristics**, New York: VCH Publ. 1996. p. 167–234.

EMBRAPA. Disponível em [http://www.cpaafap.embrapa.br/aquicultura/wpcontent/uploads/2011/10/apresentacao\\_rose-vidotti\\_tecnologias-para-o-aproveitamento-integral-de-peixes.pdf](http://www.cpaafap.embrapa.br/aquicultura/wpcontent/uploads/2011/10/apresentacao_rose-vidotti_tecnologias-para-o-aproveitamento-integral-de-peixes.pdf), 2011. Acesso em 26 de julho de 2012

FAO Fisheries Department, Fishery Information Data and Statistics Unit. Fishstat plus: universal software for fishery statistical time series. **Aquaculture production: quantities 1950-2005, Aquaculture production: values 1984-2005; Capture production: 1950-2005**. Version 2.30. Rome: FAO, 2007. Disponível em <http://www.fao.org>. Acesso em 26 julho, 2012.

FITZSIMMONS, K. The most important aquaculture species of the 21 century. In: FITZSIMMONS, K. E CARVALHO FILHO, J. (Eds.) Proceedings from the fifth international symposium on tilapia aquaculture. Rio de Janeiro: **Panorama da Aquicultura Magazine**, p. 3-8, 2000.

GARCIA-CRUZ, C. H.; SILVA, A. N. D. **Alginato bacteriano: aspectos tecnológicos, características e produção**, 2008, São José do Rio Preto, São Paulo, revista Química Nova, v.31 no.7

GILSENAN, P. M.; ROSS-MURPHY, S. B. Rheological characterisation of gelatins from mammalian and marine sources. **Food Hydrocolloids**. v. 14 p. 191–195, 2000.

GOMEZ-GUILLEN, M. C.; SARABIA, A. I.; MONTERO, P. The Effect of Added Salts on the Viscoelastic Properties of Fish Skin Gelatin. **Food Chemistry**, v. 70, p. 71-76, 2002.

GOMEZ-GUILLEN, M. C., TURNAY, J., FERNÁNDEZ-DÍAZ, M. D., OLMO, N., LIZARBE, M. A., MONTERO, P. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. **Food Hydrocolloids**, v.16, p.25–34, 2002.

GUDMUNDSSON, M.; HAFSTEINSSON H. Gelatin from cod skins as affected by chemical treatments. **Journal of Food Science**, v. 62, p. 37–39, 1997.

GUDMUNDSSON, M. Rheological properties of fish gelatin. **Journal Food Science**. v. 67 p. 2172-2176, 2002.

HAUG J.I. ET. AL. Physical and rheological proprieties of fish gelatin comparad to mammalian gelatin. *Food hydrocolloids* v.18, p. 203-213, 2004.

HAUG I.J., DRAGET K.I., SMIDSROD O. Physical behaviour of fish gelatin- $\kappa$ -carrageenan mixtures. *Carbohydrate Polymers*, v.56, p. 11–19, 2004.

IKEDA, S.; FOEGEDING, E. A. Effects of lecithin on thermally induced whey protein isolate gels. *Food Hydrocolloids*, v. 13, p. 239-244, 1999.

JOHNS, P; COURTS, A. Relationship between collagen and gelatin. In A. G. WARD; A. COURTS (Eds.), *The science and technology of gelatin*. London. Academic Press, 1977. p. 138–177.

JÚNIOR, C. A. F.; JÚNIOR, A. S. V. **Cultivo de tilápias no brasil: origens e cenário atual**, sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Fortaleza, 2008. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/9/178.pdf>, acesso em 23 de julho de 2012.

KING, A. H.; Brown sea weed extratsts (alginates), *Food Hydrocolloids*, vol. 2, ed. Glicksman. CRC press, inc boca raton, florida, p.125-127, 1982

LEDWARD, D. A. Gelation of gelatin. In: J. R. MITCHELL; D. A. LEDWARD (Eds.), *Functional properties of food macromolecules*, London: Elsevier, 1986. p. 171 201.

LORÉN, N.; LANGTON, M.; HERMANSSON, A.-M. Confocal laser scanning microscopy and image analysis of kinetically trapped phase-separated gelatin/maltodextrin gels. *Food Hydrocolloids*, v.13, p. 185–198, 1998.

MARTINEZ, M. J.; FARIÁS, M. E.; PILOSOFF, A. M. R. Casein glycomacropeptide pH-driven self-assembly and gelation upon heating. *Food Hydrocolloids*. v. 25, p. 860-867, 2011.

MINISTERIO DA PESCA E AGRICULTURA (MPA).

Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/index.php/topicos/842-fao-lanca-publicacao-sobre-a-pesca-mundial-e-aquacultura-na-reuniao-do-cofi>, acesso em 25 de julho de 2012.

MORAES, IZABEL C.F.; CARVALHO, ROSEMARY A.; BITTANTE, ANA MÔNICA Q.B.; SOLORZA-FERIA, JAVIER; SOBRAL, PAULO J.A. Film forming solutions based on gelatin and poly (vinyl alcohol) blends: Thermal and rheological characterizations. *Journal of Food Engineering*, v. 95, p. 588–596, 2009.

MONTERO, P., GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. Extracting conditions for megrim (*Lepidorhombus boscii*) skin collagen affect functional properties of the resulting gelatin. **Journal of Food Science**, v.65, p.434–438, 2000.

MONTERO, P.; FERNÁNDEZ-DÍAZ, M. D.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. Characterization of gelatin gels induced by high pressure. **Food Hydrocolloids**. v. 16 p. 197-205, 2002.

MULLER, J. M. SANTOS, R. L. BRIGID, R. V. **Produção de alginato por micro-organismo**, 2011, departamento de engenharia química e engenharia de alimentos, UFSC.

NORZIAH, M.H.; AL-HASSAN, A.; KHAIRULNIZAMA, A.B.; MORDI, M.N.; NORITA, M. Characterization of fish gelatin from surimi processing wastes: Thermal analysis and effect of transglutaminase on gel properties. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 1610–1616, 2009.

PETTITT, D. J. et al. Rheological properties of solutions and emulsions stabilized with xanthan gum and propylene glycol alginate. **Journal of food science**, v. 60, p. 528-531, 1995.

PETTITT, D. J.; XANTHAN GUM, **Food Hydrocolloids**, vol. 1, ed.Glicksman.CRC press, inc boca raton, florida, P.128-132, 1982.

PRANOT Y.; Lee, C. M.; Park H. J. **Characterizations of fish gelatin films added with gellan and k-carrageenan**. **LWT**,v.40, p.766–774, 2006.

PRANOT Y., Lee C.M., Park H.J. Characterizations of fish gelatin films added with gellan and  $\kappa$ -carrageenan. **LWT - Food Science and Technology**, v.40, p. 766–774, 2007.

PUPPO, M. C.; LUPANO, C. E.; AÑÓN, M. C. Gelation of soybean protein isolates in acidic conditions. Effect of pH and protein concentration. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, p. 2353-2361, 1995.

RELKIN, P.; MEYLHEUC, T.; LAUNAY, B.; RAYNAL, K. Heat-induced gelation of globular protein mixtures. A DSC and scanning electron microscopic study. **Journal of Thermal Analysis**, v. 51, p. 747-755, 1998.

SANDERSON, G. R. Polysaccharides in foods. **Food Technology**. v. 35, p. 50, 1981.

**Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP)**. Disponível em: [http://www.presidencia.gov.br/estrutura\\_presidencia/seap/](http://www.presidencia.gov.br/estrutura_presidencia/seap/). Acesso em 25 julho de 2012.

TE NIJENHUIS, K. Thermoreversible networks: viscoelastic properties and structure of gels. **Advances Polymer Science**, v.130, p.1–267, 1997.

TOLSTOGUZOV, V. B.; Protein – polysaccharide interactions. In S. Damodaran, E A. Paraf (Eds.). **Foods proteins and their applications**. New York, Marcel Dekker, 1997.

TOLSTOGUZOV, V. B. Functional properties of food proteins and role of protein polysaccharide interaction. **Food Hydrocolloids**, v.4, p.429–468, 1991.

WAINWRIGHT, F. W. Physical tests for gelatin and gelatin products. In A. G. WARD; A. COURTS (Eds.). **The science and technology of gelatin**. London. Academic Press, 1977. p. 508–557.

YILMAZER, G., CARRILLO, A. R., KOKINI, J. L. **Effect of propylene glycol alginate and xanthan gum on stability of O/W emulsions**. *Journal of Food Science*, v. 56, 513-517, 1991.

ZASYPKIN, D. V., BRAUDO, E. E., e TOLSTOGUZOV, V. B. Multicomponent biopolymer gels. **Food Hydrocolloids**, v.11 (2), p.159–170, 1997.

ZHOU, P.; REGENSTEIN, J. M. Optimization of extraction conditions for Pollock skin gelatin. **Journal of Food Science**. v. 69 p. 393–398, 2004.