



MARENILDE OLIVEIRA

**ESTUDO REOLÓGICO DE FORMULAÇÕES DE ÁLCOOL
EM GEL UTILIZANDO DIFERENTES ESPESSANTES**

São Luís - MA
2021

MARENILDE OLIVEIRA

**ESTUDO REOLÓGICO DE FORMULAÇÕES DE ÁLCOOL
EM GEL UTILIZANDO DIFERENTES ESPESSANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso da Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Harvey Alexander Villa Velez

São Luís - MA
2021

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Oliveira, Marenilde.

Estudo Reológico de Formulações de Álcool em gel
Utilizando Diferentes Espessantes / Marenilde Oliveira. -
2021.

35 f.

Orientador(a): Harvey Alexander Villa Velez.

Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do
Maranhão, São Luís-MA, 2021.

1. Álcool em Gel. 2. Polímeros. 3. Reologia. I.
Villa Velez, Harvey Alexander. II. Título.

BANCA EXAMINADORA:

PROF. DR. HARVEY ALEXANDER VILLA VELEZ
Orientador – DEEQ/CCET/UFMA

PROF. DR. ROMILDO MARTINS SAMPAIO
Departamento de Engenharia Química – DEEQ/CCET/UFMA

PROF. DR. ULISSES MAGALHAES NASCIMENTO
Departamento de Tecnologia Química – DETQI/CCET/UFMA

27 de setembro de 2021

DADOS CURRICULARES**Marenilde Oliveira****NASCIMENTO** 26/11/1989**FILIAÇÃO** Maria José Oliveira**2019/2020** Curso de Graduação
Engenharia Química - Universidade Federal do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo agradeço ao meu Deus que nunca me abandonou, sempre me dando forças, resiliência e fé, supriu todas as minhas necessidades físicas e emocionais, sempre me lembrando que as portas que se abrem, só se fecham quando desistimos, e Ele me ensinou a nunca desistir de suas promessas, pois elas têm o tempo certo de se cumprirem, e esse tempo chegou.

Ao meu esposo, Lucivaldo Menezes Cardoso, que me faz enxergar todos os dias a mulher forte, batalhadora e determinada que me tornei. Pelos seus conselhos, companheirismo e parceria, por ser amigo acima de tudo e ser o maior incentivador para alcançarmos juntos nossos sonhos.

À minha querida irmã, Madailde Oliveira, que mesmo morando em outro continente, sempre se fez presente em minha vida, pelas inúmeras orações destinadas a mim e toda minha família, por trazer pra si todos os meus problemas acadêmicos e pessoais, e sempre buscar as melhores soluções para resolvê-los.

Aos meus amigos e Engenheiros Químicos, Jeovan, Bianca, Ana Letícia, Rickardo, Ila e Yaucha, por sempre cuidarem de mim, pela amizade sincera e pelo apoio para que fosse possível ultrapassar todas as barreiras acadêmicas e estruturais da UFMA. Amigos esses, que vão muito além da graduação, serão levados para toda a vida.

Aos meus queridos professores e amigos Audirene Amorim e Harvey Alexander, que se tornaram parte da minha família, sempre dispostos a me orientar na graduação, sempre acreditando no meu desenvolvimento acadêmico.

À minha querida e amada mãe, Maria José, por todo esforço e sacrifício de uma mãe solteira. Criou sozinha 7 filhos, sempre nos ensinando que a educação e o trabalho duro são as únicas formas de mudar o destino. Uma vez essa mesma mãe, ouviu de alguém que disse: - Pra quê colocar essa menina para estudar, a deficiência dela, destruiu todo o sentido de continuar estudando. Sou grata por nunca ter dado ouvidos a inúmeras pessoas que chegaram a você e limitavam o meu destino a uma cadeira de rodas. Obrigada por acreditar em mim, hoje você tem como filha, uma Engenheira Química.

À minha filha, Maria Flor, que me faz lembrar todos os dias, o verdadeiro motivo de nunca desistir dos sonhos. Hoje vejo nela que, não importa o que os outros dizem, ou no que acreditam sobre você, a sua fé, quando firmada, moverá montanhas.

“A educação é o grande motor do desenvolvimento pessoal. É através dela que a filha de um camponês se torna médica, que o filho de um mineiro pode chegar a chefe de mina, que o filho de trabalhadores rurais pode chegar a presidente de uma grande nação.”

Nelson Mandela

OLIVEIRA, M. **Estudo reológico de formulações de álcool em gel utilizando diferentes espessantes**. 2021. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Química do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.

RESUMO

A higiene de mãos e corporal é atrelada diretamente à prevenção de infecções e doenças, sendo cada vez mais importante seu uso rotineiro desde o final de dezembro de 2019, onde uma nova doença foi relatada na China “uma Síndrome Respiratória Aguda Grave causada pelo coronavírus SARS-CoV-2” propagou-se a nível mundial. Para prevenção de tal doença, transmitida por vírus, o uso de antissépticos é uma das formas mais eficazes para higienização das mãos, sendo o álcool em gel o antisséptico mais utilizado para esse fim. O presente estudo tem como objetivo analisar a reologia de diferentes formulações de álcool em gel que têm sido produzidas como alternativa para as formulações já existentes no mercado. A formulação de álcool gel foi realizada seguindo as orientações da RDC 350 de 2020 da ANVISA alterando a concentração de cada espessante avaliado no projeto (Carbopol, Aquawan, Acusol e Hidroxietilcelulose) e do alcalinizador em função do teor de álcool 70 °GL. Os resultados mostraram que o aumento na viscosidade deu-se pelo aumento da concentração de cada espessante e que o pH das formulações variou de acordo com a natureza do espessante utilizado. Além disso, a formulação contendo 80 ml do espessante Aquawan apresentou viscosidade aparente igual a 7148,00 cP, sendo a que mais se aproximou das características exigidas pela Anvisa (8000,00 cP), enquanto a formulação contendo 30 ml do espessante Acusol apresentou viscosidade aparente igual a 1320,00 cP, sendo a que mais se distanciou dos critérios da Anvisa.

Palavras-chave: Álcool em gel. Reologia. Polímeros. Teor de Álcool.

OLIVEIRA, M. **Rheological study of alcohol gel formulations using different thickeners.** 2021. 35s. Graduate Work (Graduate in Chemical Engineering) – Curso de Engenharia do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.

ABSTRACT

Hand and body hygiene is directly linked to the prevention of infections and diseases, and its routine use has become increasingly important since the end of December 2019, where a new disease was reported in China “a severe acute respiratory syndrome caused by the SARS coronavirus -CoV-2” has spread worldwide. To prevent this disease, transmitted by viruses, the use of antiseptics is one of the most effective ways to clean the hands, with alcohol gel being the most used antiseptic for this purpose. The present study aims to analyze the rheology of different hand sanitizer formulations that have been produced as an alternative to formulations already on the market. The formulation of hand sanitizer was carried out following the guidelines of RDC 350 of 2020 from ANVISA, changing only the concentration of each polymer evaluated in the project (Carbopol, Aquawan, Acusol and Hydroxyethylcellulose) according to the 70 oGL alcohol content. The results show that the increase in viscosity was due to the increase in the concentration of each thickener and that the pH of the formulations varied according to the nature of the thickener used. In addition, the formulation containing 80 ml of the thickener Aquawan had an apparent viscosity equal to 7148.00 cP, being the closest to the characteristics required by Anvisa (8000.00 cP), while the formulation containing 30 ml of the thickening agent Acusol had viscosity apparent equal to 1320.00 cP, being the furthest away from the Anvisa criteria.

Keywords: Hand Sanitizer. Rheology. Polymers. Alcohol Content.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da carboximetil celulose e do carbopol	17
Figura 2 – Diagrama reológico para Fluidos Newtonianos e Não-Newtonianos	18
Figura 3 – Agitador mecânico de bancada	21
Figura 4 – Viscosímetro de bancada.....	22
Figura 5 – Formulação contendo carbopol	25
Figura 6 – Formulação contendo Hidroxietilcelulose	26
Figura 7 – Relação entre taxa de deformação e viscosidade aparente Aquawan 58ml	27
Figura 8 – Relação entre taxa de deformação e viscosidade aparente Aquawan 30ml	27
Figura 9 – Relação entre taxa de deformação e viscosidade aparente Aquawan 80ml	28
Figura 10 – Relação entre taxa de deformação e viscosidade aparente Acusol 58ml	28
Figura 11 – Relação entre taxa de deformação e viscosidade aparente Acusol 30ml	29
Figura 12 – Relação entre taxa de deformação e viscosidade aparente Acusol 80ml	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composições das novas formulações de álcool em gel.....	20
Tabela 2 – pH das novas formulações de álcool em gel.....	23
Tabela 3 – Viscosidade aparente nas formulações contendo Acusol	24
Tabela 4 – Viscosidade aparente nas formulações contendo Aquawan	24

Sumário

FOLHA DE APROVAÇÃO	iii
DADOS CURRICULARES	iv
EPÍGRAFE	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS	x
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Higienização das mãos como medida de prevenção a doenças	14
3.2 Uso de álcool como antisséptico	15
3.3 Álcool em gel	16
3.4 Reologia do Álcool em Gel	17
3.5 Novas formulações para álcool em gel.....	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 Material.....	20
4.2 Local da pesquisa.....	20
4.3 Equipamentos utilizados.....	20
4.4 Métodos e procedimentos experimentais	20
4.4.1 FORMULAÇÕES	20
4.4.2 DETERMINAÇÃO DE PH.....	21
4.4.3 ANÁLISE DE VISCOSIDADE	22
4.4.4 ANÁLISE MATEMÁTICA	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 pH das formulações de álcool em gel produzidas	23
5.2 Análise de Viscosidade.....	24
6 CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil enfrentou alguns episódios de transmissão em massa do vírus influenza (H1N1), comumente compreendido como uma gripe causadora de febre aguda e que afeta o sistema respiratório (AMORIM et al., 2018). Desde o final de dezembro de 2019, uma nova doença foi relatada na China e, posteriormente, afetou vários países no mundo inteiro, trata-se da COVID-19, uma Síndrome Respiratória Aguda Grave causada pelo coronavírus SARS-CoV-2 (WU et al., 2020).

Tanto o vírus da influenza (H1N1) quanto o SARS-CoV-2 (COVID-19) são transmitidos por meio de secreções das vias respiratórias seja ao espirrar, tossir, falar ou pelas mãos. Além disso, esses vírus podem ser transportados para a boca, olhos e nariz depois do contato com superfícies recém-contaminadas. Para prevenção de tais doenças transmitidas por vírus são indicadas medidas como isolamento social, evitar compartilhamento de objetos de uso pessoal e, principalmente, a higienização das mãos (AMORIM et al., 2018; ANVISA, 2020).

O uso de antissépticos é uma das formas mais eficazes para higienização das mãos, sendo o álcool em gel o antisséptico mais utilizado para esse fim. Apesar de possuir excelência como antisséptico e desinfetante, ser de baixa toxicidade e ter efeito microbicida rápido, a eficácia dos produtos à base de álcool dependem do tipo de álcool utilizado, da sua concentração, do volume aplicado e do tempo de contato (WHO, 2020).

O aumento pela procura de produtos para higienização das mãos associado ao desabastecimento dos compostos utilizados na fabricação de tais produtos durante a pandemia, fez com que a Anvisa, agência regulamentadora da fabricação de álcool em gel no Brasil, flexibilizasse várias normas e regras para a produção de álcool em gel utilizando outros gelificantes (ANVISA, 2020).

Estudar novas formulações de álcool em gel, bem como sua reologia e características, utilizando compostos alternativos de menor custo e maior disponibilidade, são passos que ajudam expressivamente no planejamento de melhorias na produção e distribuição desse produto de grande importância no atual cenário mundial.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o comportamento reológico de formulações de álcool-gel desenvolvidas a partir de diferentes agentes espessantes.

2.2 Objetivos específicos

- Desenvolver formulações de álcool em gel utilizando agentes espessantes alternativos;
- Determinar o comportamento reológico e o nível de pH de cada formulação produzida.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Higienização das mãos como medida de prevenção a doenças

A pele humana é colonizada por bactérias e fungos causadores de doenças que se apresentam em diversas áreas do corpo, principalmente nas mãos (TRICK et al., 2007). Para reduzir a carga microbiana e prevenir a sua transmissão, é imprescindível o ato de higienizar as mãos, seja com água e sabão, seja com uso de antissépticos (MOTA et al., 2014).

A higienização das mãos (HM) é a medida mais simples que pode ser adotada para prevenir a propagação de infecções, inicialmente ligadas às mãos dos profissionais de saúde, removendo a sujidade, oleosidade, pelos, células descamativas e microbiota da pele (ANVISA, 2009). Além das infecções relacionadas à assistência à saúde, outras doenças podem ser prevenidas por meio da higienização das mãos.

Nos últimos anos, o Brasil enfrentou alguns episódios de transmissão em massa do vírus influenza (H1N1), comumente compreendido como uma gripe causadora de febre aguda e que afeta o sistema respiratório (AMORIM et al., 2018). Desde o final de dezembro de 2019, uma nova doença foi relatada na China e, posteriormente, afetou vários países no mundo inteiro, trata-se da COVID-19, uma Síndrome Respiratória Aguda Grave causada pelo coronavírus SARS-CoV-2 (WU et al., 2020).

Tanto o vírus da influenza (H1N1) quanto o SARS-CoV-2 (COVID-19) são transmitidos por meio de secreções das vias respiratórias seja ao espirrar, tossir, falar ou pelas mãos. Além disso, esses vírus podem ser transportados para a boca, olhos e nariz depois do contato com superfícies recém-contaminadas. Para prevenção de tais doenças transmitidas por vírus são indicadas medidas como isolamento social, evitar compartilhamento de objetos de uso pessoal e, principalmente, a higienização das mãos (AMORIM et al., 2018; ANVISA, 2020).

O uso de antissépticos e sabonetes associados a antissépticos é uma das formas mais eficazes para higienização das mãos. De acordo com Lai et al. (2006) vários estudos *in vitro* com diferentes cepas de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas mostraram que, apesar de serem resistentes à antibióticos, essas bactérias são sensíveis aos antissépticos utilizados na higienização das mãos.

Entre os produtos utilizados para higienizar as mãos estão os sabonetes comuns, que não são associados a agentes antissépticos e favorecem apenas a remoção de sujeira, substâncias orgânicas e microbiota transitória das mãos pela ação mecânica. Os sabonetes associados a agentes antissépticos, por sua vez, possuem ação antimicrobiana imediata e efeito residual ou

persistentes. E as soluções antissépticas à base de álcool, que permitem uma higienização das mãos de forma mais rápida e possuem maior eficácia na redução de patógenos quando comparadas aos sabonetes comuns e outros tipos de antissépticos (ANVISA, 2009).

3.2 Uso de álcool como antisséptico

O álcool, do árabe “Alkuhul”, é um líquido incolor e volátil obtido da fermentação e posterior destilação de sucos de frutas, açúcares de féculas, sementes e cana (BRAGA; FURTADO; FURLAN, 2010). O uso do álcool na preparação de soluções para higienização das mãos é antigo, apesar de ser incerta a história por trás dessa prática (SEQUINEL et al., 2020).

Apesar de possuir excelência como antisséptico e desinfetante, ser de baixa toxicidade e ter efeito microbicida rápido, a eficácia dos produtos à base de álcool dependem do tipo de álcool utilizado, da sua concentração, do volume aplicado e do tempo de contato (WHO, 2020). No Brasil, por exemplo, o tipo de álcool mais utilizado é o etanol devido a sua ampla produção por meio da fermentação da cana-de-açúcar. Já nos Estados Unidos o álcool mais utilizado para a preparação de soluções antissépticas é o álcool isopropílico, devido a questões culturais e de custo (KOTZ; TREICHEL; WEAVER, 2014).

Quanto à concentração, para que um álcool possua atividade antimicrobiana é necessário que sua concentração em peso ou em volume em relação à água seja de 70°INPM (o grau alcóolico INPM representa a quantidade em gramas de álcool absoluto contida em 100 gramas de mistura hidroalcoólica) ou 77°GL (o grau Gay Lussac - GL representa a quantidade em mililitros de álcool absoluto contida em 100 mililitros de mistura hidroalcoólica), respectivamente. Como o álcool atua desnaturando as proteínas do microrganismo é necessária a presença de água para maior eficiência, pois a água impede a desidratação da parede celular do microrganismo, assim o álcool pode penetrar no interior da célula, onde ocorre a desnaturação da proteína. O etanol puro é menos eficiente que as soluções aquosas, pois a desnaturação requer água, sem água as proteínas presentes na célula do microrganismo demoram mais tempo para sofrer desnaturação (BRASIL, 2014).

Além dos diferentes tipos de álcoois e suas diferentes concentrações, as soluções alcoólicas mais utilizadas podem ser encontradas comercialmente na forma líquida, gel ou espuma. Entre estas formas destaca-se o álcool em gel, que apresenta diversas vantagens quando comparado às formulações líquidas, uma delas relacionada aos quesitos de segurança, pois o álcool em gel não possui propriedades explosivas devido à sua formulação que lhe

confere inflamabilidade muito controlada. Além disso, as formulações em gel permitem melhor manuseio e aderência do produto, ao contrário do álcool líquido que quando derramado sobre uma superfície ou nas mãos espalha-se rapidamente sem aderir por todas as partes desejadas, tendo sua eficácia reduzida (CARDOSO et al., 2006).

É importante ressaltar que, de acordo com a Resolução nº 46/2002 da Anvisa, a venda de álcool em graduações superiores a 54° GL é restrita a laboratórios e hospitais, devido ao volume de acidentes causados, já que o produto é altamente inflamável. Porém, desde março de 2020 o órgão liberou a comercialização para o público por entender que o álcool 70% é necessário para proteção contra o vírus causador da Covid-19.

3.3 Álcool em gel

Algumas substâncias produzidas pela mistura de dois ou mais compostos apresentam propriedades intermediárias entre soluções e suspensões. Essas substâncias possuem dificuldade de cristalização, massa molar elevada e partículas relativamente grandes, aproximadamente 1000 nm de diâmetro, possibilitando que aconteça nestes compostos o fenômeno de dispersão da luz visível, conhecido como efeito Tyndall. Tais características representam os compostos definidos por Thomas Graham como coloides ou dispersões coloidais (KOTZ; TREICHEL; WEAVER, 2014).

Entre as dispersões coloidais pode-se ainda definir o sol e o gel. De acordo com a IUPAC (2014), sol é uma dispersão de uma substância sólida em um meio fluido, enquanto um gel é uma dispersão não fluidas ou uma rede polimérica expandida em todo o seu volume por um fluido. Um exemplo desses coloides é a gelatina, que se comporta como sol quando o pó de preparo é misturado com água fervendo, mas torna-se gel quando refrigerada.

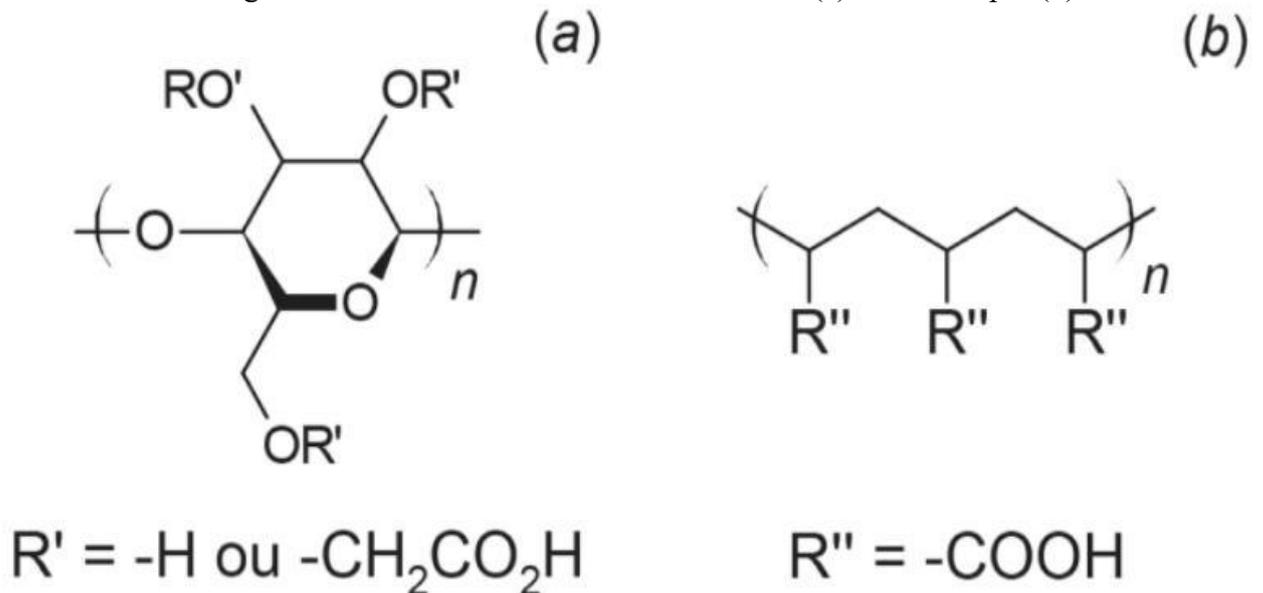
O álcool em gel utilizado para assepsia das mãos também é uma dispersão coloidal, formada geralmente por etanol, solução de trietanolamina, glicerol, água purificada e um gelificante. Quanto à função de cada componente na formulação do álcool em gel, a trietanolamina é utilizada como neutralizante que altera o pH da mistura, o glicerol age como umectante e o gelificante é o responsável por tornar o álcool uma dispersão coloidal (SEQUINEL et al., 2020).

De acordo com Magalhães e Degenhardt (2020) convencionalmente, o agente gelificante utilizado nas formulações do álcool em gel aprovado pela Anvisa é o carbômero 980, um polímero poliacrílico conhecido como carbopol. O gelificante atua alterando a reologia e estabilização da mistura devido às fortes interações intermoleculares (pontes de hidrogênio) dos seus grupamentos estruturais com as moléculas de etanol, glicerol e água, sendo o

carboximetil celulose (CMC) e o carbopol (Figura 1), exemplos desse tipo de estrutura.

O uso mais frequente do carbopol como agente gelificante era justificado por sua disponibilidade e preço, porém, em virtude da pandemia do COVID-19, a produção de álcool em gel para higienização das mãos aumentou significativamente e, conseqüentemente, a procura pelo gelificante, tornando-o escasso e aumentando seu preço de forma abusiva. Assim, têm surgido alternativas para sua substituição como forma de contornar este problema (SEQUINEL et al., 2020).

Figura 1- Estruturas da carboximetil celulose (a) e do carbopol (b).



Fonte: Sequinel et al. (2020).

3.4 Reologia do Álcool em Gel

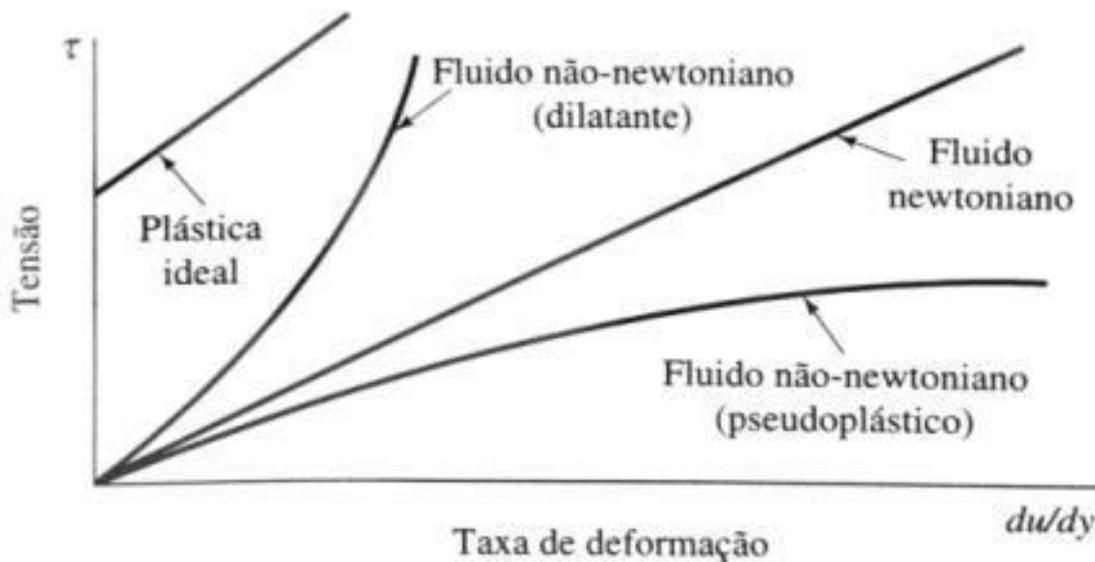
A reologia, do grego “rheos” (escoamento) e “logos” (conhecimento), é o estudo do escoamento ou deformação da matéria quando submetida a uma tensão (CORRÊA et al., 2005). Cada fluido possui em seus componentes diferentes formas geométricas, tamanhos e ligações químicas, tornando distinto o comportamento de cada um. Quando se estuda a reologia de um material são adotados dois extremos idealizados, os sólidos perfeitos (Hookeanos), onde a propriedade de maior interesse é a elasticidade, e os líquidos perfeitos (Newtonianos), onde o importante é avaliar sua viscosidade (MANRICH; PESSAN, 1987).

Alguns sistemas de natureza coloidal, como o álcool em gel, apresentam comportamento intermediário entre sólido e líquidos, por isso possuem tanto características viscosas quanto características elásticas (BENNET; MYERS 1978). Esse tipo de material é classificado como Fluido Não-Newtoniano e sua viscosidade varia durante a aplicação de uma

tensão, mesmo a temperaturas fixas, ao contrário dos Fluidos Newtonianos, que são deformados gerando uma taxa de cisalhamento proporcional à tensão de cisalhamento e mantendo sua viscosidade constante (TONELI, 2005).

A Figura 2 mostra o diagrama reológico de Fluidos Newtonianos e Fluidos Não-Newtonianos. O Fluido Não-Newtoniano Dilatante é caracterizado por apresentar um aumento na viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação. O Fluido Não-Newtoniano pseudoplástico caracterizam-se pela diminuição na viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação (GEANKOPLIS, 2003).

Figura 2 – Diagrama Reológico para Fluidos Newtoniano e Fluidos Não-Newtonianos.



Fonte: RODRIGUES (2017).

No álcool em gel, o comportamento reológico está diretamente ligado ao gelificante e neutralizante utilizados. Os carbômeros, por exemplo, devem ser neutralizados a um pH entre 6,5 e 7,5 para atingir sua viscosidade máxima (LUBRIZOL, 2002). A hidroxietil celulose, que também pode ser utilizada como agente gelificante nas formulações de álcool em gel, altera a viscosidade das dispersões aquosas com o aumento da sua concentração e do seu peso molecular (AQUALON, 2000).

Entre as substâncias que alteram a reologia das dispersões alcoólicas estão os ésteres de celulose, produzidos a partir da alfa-celulose. Porém, de acordo com Magalhães e Degenhardt (2020), no Brasil, apenas uma empresa produz esta celulose e com preços superiores ao da polpa branqueada de celulose convencional. Além disso, esse tipo de

gelificante também sofreu desabastecimento e aumento de preço devido à pandemia.

3.5 Novas formulações para álcool em gel

O aumento pela procura de produtos para higienização das mãos associado ao desabastecimento dos compostos utilizados na fabricação de tais produtos durante a pandemia, fez com que a Anvisa, agência reguladora da fabricação de álcool em gel no Brasil, flexibilizasse várias normas e regras para a produção de álcool em gel utilizando outros gelificantes, por meio da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) 350/2020, que permite as preparações antissépticas de sanitizantes obtidos por meio de manipulação com prazo de validade de até 180 dias. (ANVISA, 2020).

Além da disponibilidade e preço, um aspecto deve ser levado em consideração durante a produção de álcool em gel é o comportamento do gelificante após a evaporação do álcool, pois algumas formulações deixam resíduos do polímero na superfície da mão, efeito conhecido como rolling out, ou até mesmo apresentam aderência à pele, deixando-a com aspecto “pegajoso”, desagradando consumidores (MAGALHÃES; DEGENHARDT, 2020).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

As novas formulações de álcool em gel foram produzidas utilizando como alcalinizante Wanalk 60 (Lote PW20D003, validade 09/04/2021) adquirido em loja especializada na cidade de São Luís- MA, Aquawan (Lote WP20002028, validade 08/04/2021), Carbopol, Acusol e Hidroxietilcelulose, como agentes espessantes. Álcool com 96 °GL foi utilizado na pesquisa.

4.2 Local da pesquisa

O processamento das amostras foi realizado no Laboratório de Petróleo, localizado na Universidade Federal do Maranhão, na cidade de São Luís – MA.

4.3 Equipamentos utilizados

- Agitador Mecânico de bancada;
- Viscosímetro BROOKFIELD DV-II+ PRO.

4.4 Métodos e procedimentos experimentais

4.4.1 FORMULAÇÕES

As novas formulações propostas foram produzidas seguindo as orientações da RDC 350 de 2020 da ANVISA, utilizando diferentes quantidades de cada espessante e do alcalinizador, definidas empiricamente, adicionados a 170 ml de água destilada, conforme mostrado na Tabela 1. A mistura dos insumos foi realizada por meio de agitador mecânico, como mostrado na Figura 3. Completou-se com álcool 96 °GL até o volume de 1000 mL.

Tabela 1- Formulações de álcool em gel.

Formulações	Espessante	Alcalinizador (ml)
Carbopol + Wanalk 60	3g	4,7
Aquawan + Wanalk 60	58 ml	4,7

	80 ml	6,4
	30 ml	2,4
	58 ml	4,7
Acusol + Wanalk 60	80 ml	6,4
	30 ml	2,4
Hidroxietilcelulose+ Wanalk 60	5g	6,4

Fonte: Próprio Autor (2020)

Figura 3 – Mistura de insumos.



Fonte: Próprio Autor (2020).

4.4.2 DETERMINAÇÃO DE PH

O pH das formulações produzidas foi determinado utilizando um pHmetro (modelo Mpa-210, Tecnopon, Brasil).

4.4.3 ANÁLISE DE VISCOSIDADE

As análises de viscosidade foram realizadas em triplicata com 600 ml de cada formulação, utilizando viscosímetro de bancada tipo Brookfield (modelo Dvd+Pro, Brookfield USA), (Figura 4), com taxa de deformação de 10, 15 e 20 min^{-1} .

Figura 4 – Análise de Viscosidade



Fonte: Próprio Autor (2020).

4.4.4 ANÁLISE MATEMÁTICA

Os resultados das análises de viscosidade foram tabelados e plotados usando o software EXCEL (2013, Microsoft®, Redmond, USA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 pH das formulações de álcool em gel produzidas

A Tabela 2 apresenta os resultados do valor de pH para as diferentes formulações de álcool gel.

Tabela 2- pH das formulações de álcool em gel.

Formulações	Espessante	Alcalinizador (ml)	pH
Carbopol + Wanalk 60	3g	4,7	9,00
Aquawan + Wanalk 60	58 ml	4,7	7,00
	80 ml	6,4	7,00
	30 ml	2,4	7,00
Acusol + Wanalk 60	58 ml	4,7	8,00
	80 ml	6,4	8,00
	30 ml	2,4	8,00
Hidroxietilcelulose+ Wanalk 60	5g	6,4	10,00

Fonte: Próprio Autor (2020)

De acordo com a Tabela 2, o valor de pH encontrou-se na faixa de 7 a 10, indicando um pH neutro-básico em todas as amostras. Observa-se que mesmo alterando a quantidade dos espessantes Aquawan e Acusol, o pH se manteve o mesmo, pois para cada formulação utilizou-se uma quantidade proporcional do alcalinizador. Os espessantes Carbopol, Aquawan e Acusol são acrílicos enquanto a Hidroxietilcelulose, que apresentou maior valor de pH, é um derivado da celulose, que tende a ser menos afetada pelos efeitos de pH. Shefer et al., (1993) explica que polímeros que possuem ácido acrílico em sua composição são prontamente ionizáveis e sensíveis às variações de pH e força iônica do meio em que são inseridos. Além disso, estes compostos absorvem água com maior facilidade, devido à presença de grupos carboxila na cadeia polimérica.

5.2 Análise de Viscosidade

Os resultados para a viscosidade aparente, apresentados nas Tabela 3 e Tabela 4 correspondem à média dos valores obtidos pelas análises em triplicata das formulações contendo os espessantes Acusol e Aquawan, respectivamente.

Tabela 3- Viscosidade aparente das formulações contendo espessante Acusol.

Quantidade de Acusol (ml)	Velocidade de Agitação (min⁻¹)	Viscosidade Aparente (cP) Média±desvio padrão
30	10	1560±0
	15	1400±19
	20	1320±0
58	10	2699±0
	15	2439±19
	20	2220±14
80	10	3359±0
	15	2999±19
	20	2759±0

Fonte: Próprio Autor (2020).

Tabela 4- Viscosidade aparente das formulações contendo espessante Aquawan.

Quantidade de Aquawan (ml)	Velocidade de Agitação (min⁻¹)	Viscosidade Aparente (cP) Média±desvio padrão
30	10	5099±85
	15	4039±38
	20	3449±28
58	10	9238±75
	15	7038±37
	20	5819±28
80	10	10678±204
	15	8478±86

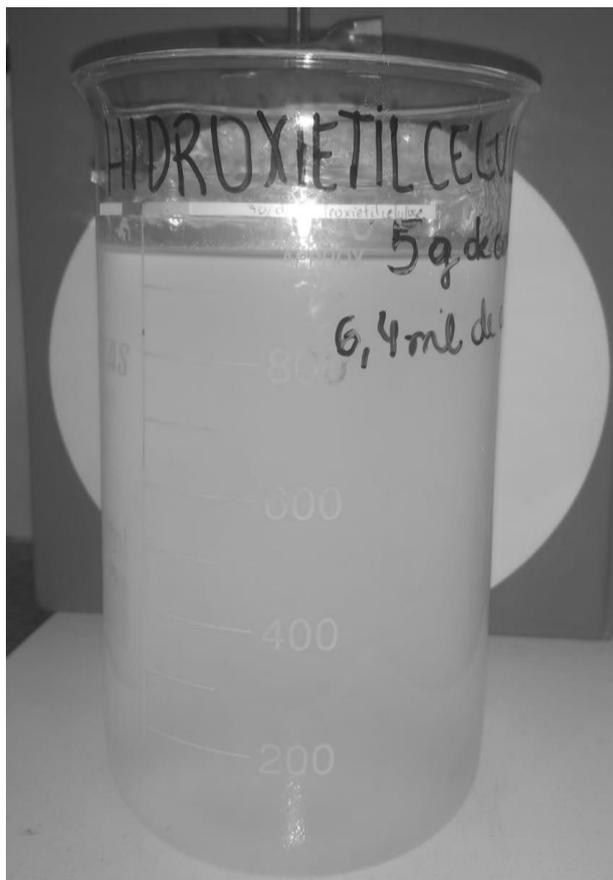
De acordo com as Tabela 3 e Tabela 4 pode-se observar que quanto menor a taxa de deformação aplicada, maior a viscosidade aparente do álcool em gel formulado com Acusol, o mesmo ocorre com a formulação que utiliza Aquawan espessante. Comportamento semelhante é observado para o aumento da concentração de cada espessante. A formulação contendo 30 ml de Acusol, por exemplo, apresenta viscosidade aparente igual a 1560 cP, enquanto a formulação contendo 80 ml do mesmo espessante apresenta viscosidade aparente igual a 3359 cP. Os desvios apresentados são referentes aos erros de análise do equipamento para as amostras.

Para os espessantes Carbopol e Hidroxietilcelulose a taxa de deformação não apresentou respostas de viscosidade, mesmo com o aumento de 10 min^{-1} para 15 min^{-1} ou 20 min^{-1} , a resposta foi igual a zero. Nas formulações contendo Carbopol o agente espessante não foi completamente diluído, depositando-se na superfície superior do béquer (Figura 5). De acordo com a SRBT (2009) o Carbopol se solubiliza melhor quando preparado a quente ou sob choque térmico, o que não foi realizado em nenhuma das formulações. Já nas formulações contendo Hidroxietilcelulose o agente espessante foi diluído, porém não alterou a viscosidade da formulação (Figura 6), esse comportamento pode indicar a necessidade de uma maior quantidade de Hidroxietilcelulose que a utilizada.

Figura 5- Formulação contendo Carbopol.



Figura 6- Formulação contendo Hidroxiethylcelulose.

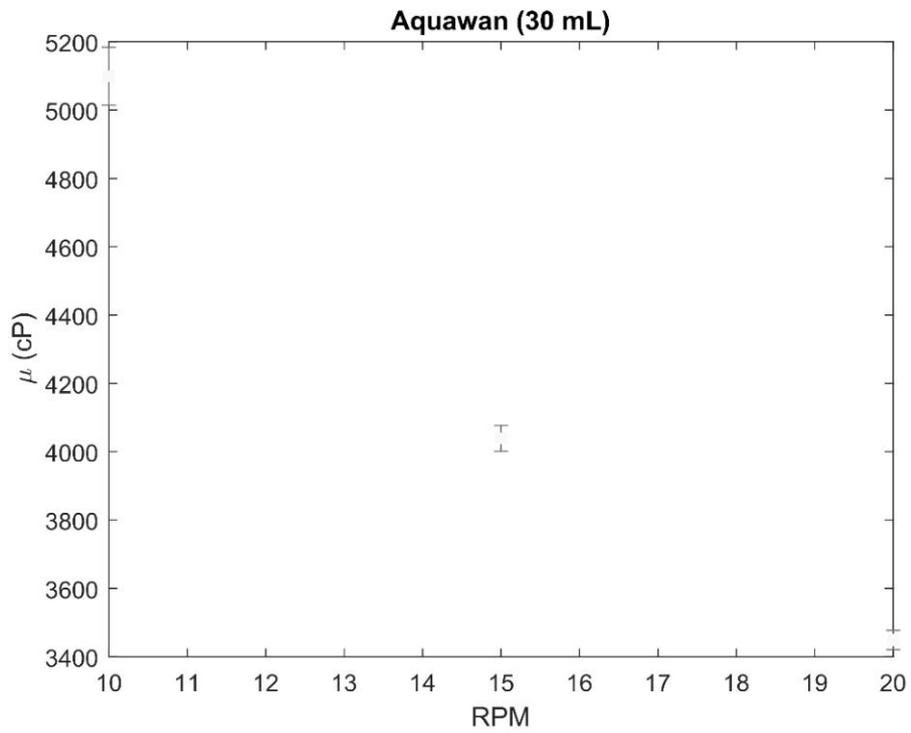


Fonte: Próprio Autor (2020).

A partir dos resultados obtidos para o comportamento reológico pode-se supor que outras formulações com maior quantidade de espessante apresentariam melhor resposta de viscosidade. Porém, devido à baixa disponibilidade de insumos outras formulações não foram testadas.

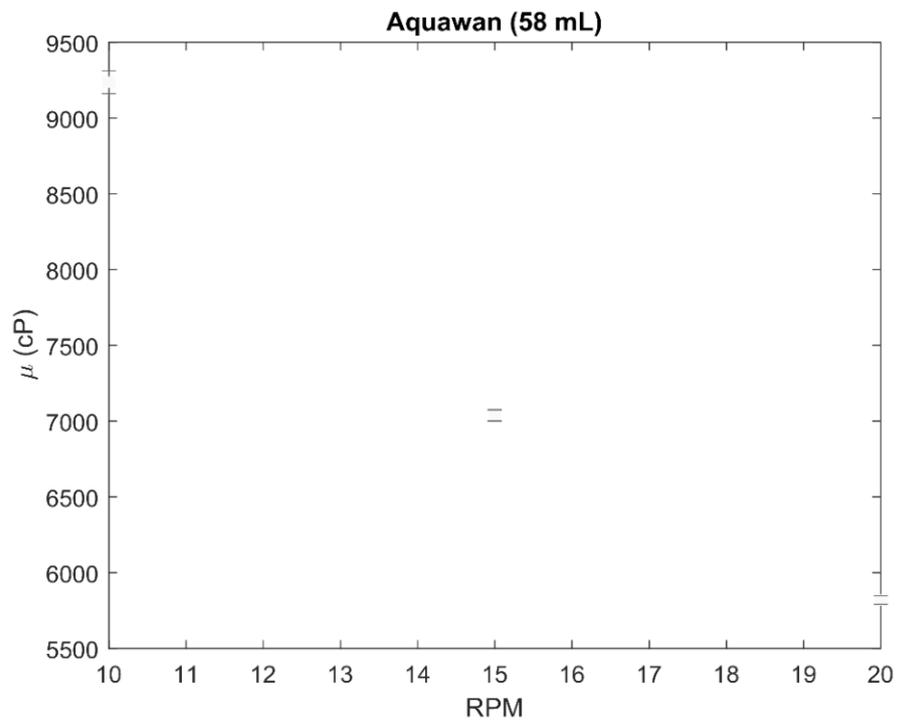
A relação entre a taxa de deformação e a viscosidade aparente, para os espessantes Aquawan e Acusol é apresentada nas Figuras 7 a 12.

Figura 7- Viscosidade aparente em função da taxa de deformação para o espessante Aquawan (30 mL).



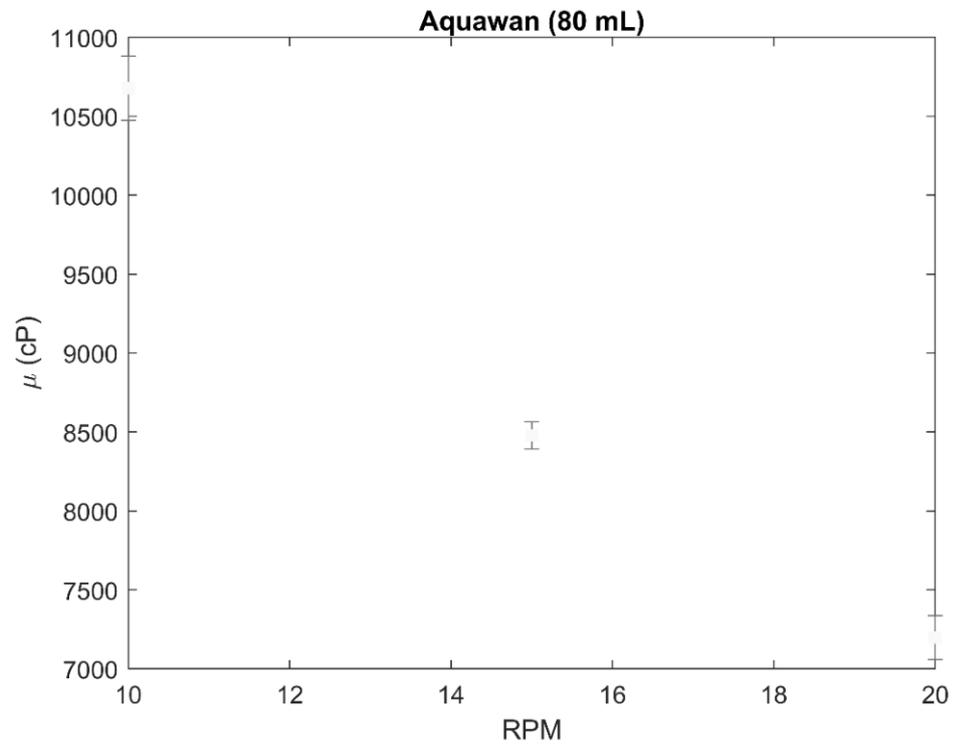
Fonte: Próprio Autor (2020).

Figura 8- Viscosidade aparente em função da taxa de deformação para o espessante Aquawan (58 mL).



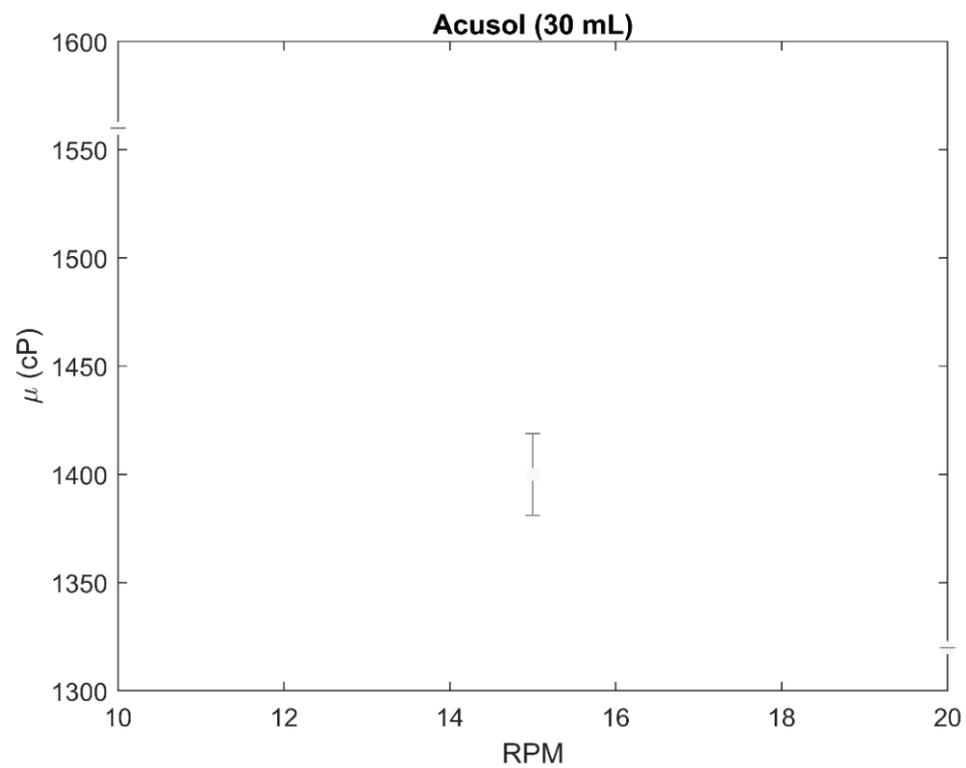
Fonte: Próprio Autor (2020).

Figura 9- Viscosidade aparente em função da taxa de deformação para o espessante Aquawan (80 mL).



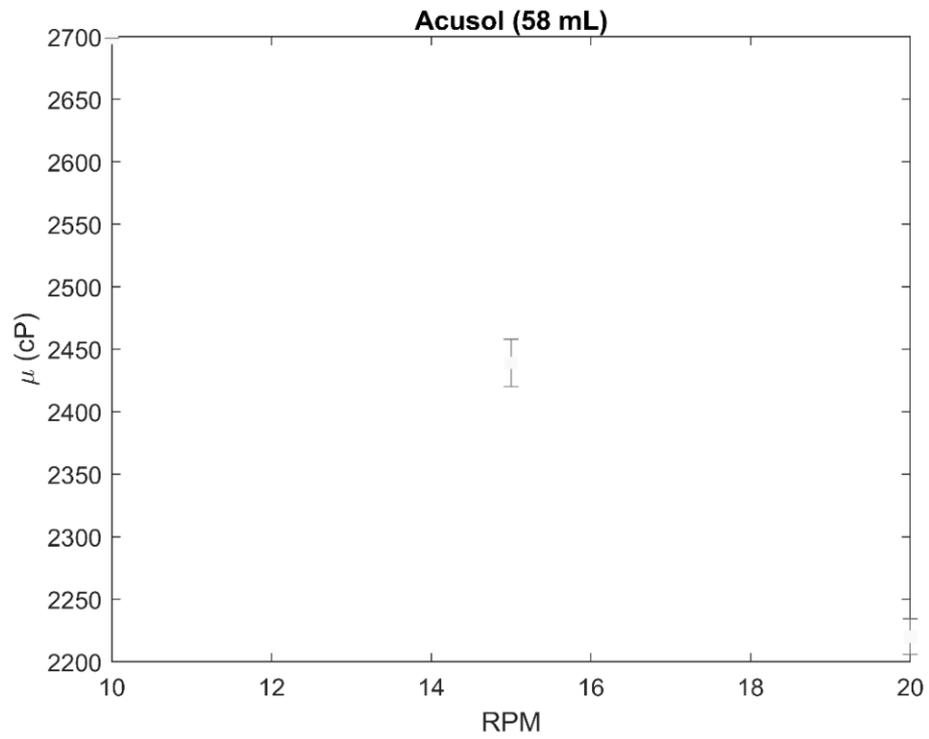
Fonte: Próprio Autor (2020).

Figura 10 - Viscosidade aparente em função da taxa de deformação para o espessante Acusol (30 mL).



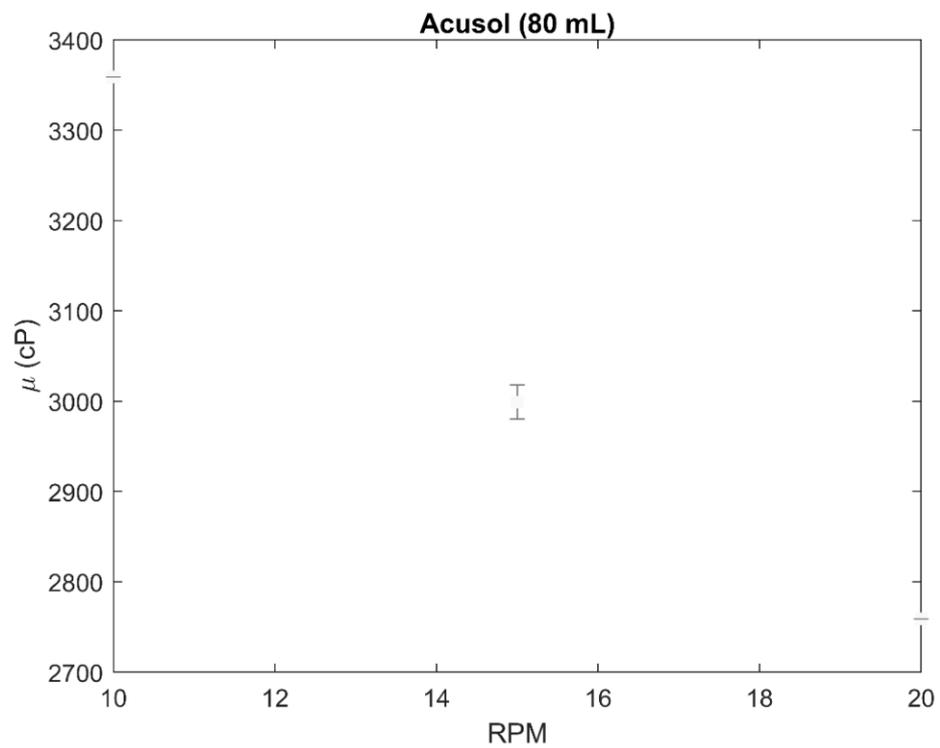
Fonte: Próprio Autor (2020).

Figura 11 - Viscosidade aparente em função da taxa de deformação para o espessante Acusol (58 mL).



Fonte: Próprio Autor (2020).

Figura 12 - Viscosidade aparente em função da taxa de deformação para o espessante Acusol (80 mL).



Fonte: Próprio Autor (2020).

A partir da observação da faixa de viscosidade aparente de cada um dos espessantes representada nas figuras acima pode-se afirmar que além da variação da viscosidade relacionada à taxa de deformação, o tipo do espessante também altera essa relação. Nas formulações em que foi utilizado o espessante Acusol a viscosidade aparente foi menor que a da formulação com Aquawan quando o volume de cada espessante foi de 30 ml e 80 ml, porém para 58 ml de espessante a viscosidade da formulação com Acusol foi expressivamente maior quando comparada a formulação com Aquawan.

De acordo com a Resolução-RDC N°350 da Anvisa, a fabricação de antissépticos ou sanitizantes deve seguir as diretrizes da 2ª Edição, Revisão 2, do Formulário Nacional da Farmacopeia Brasileira, pela qual um gel hidrofílico (gel preparado pela incorporação de agentes gelificantes) pode conter partículas suspensas. Assim, as formulações onde o espessante não é diluído completamente causando o efeito rolling out, mas que os critérios de viscosidade e proporção de álcool são atendidos, devem ser aceitas.

Seguindo os critérios da Resolução-RDC N° 46 da Anvisa, as formulações que apresentem valor de álcool superior a 68% p/p devem ter viscosidade maior ou igual a 8000 cP quando submetidas a taxa de deformação igual a 20 min^{-1} na temperatura de 25°C. Desta forma, a formulação contendo 80 ml de Aquawan (7148 cP) é a que mais se aproxima do valor pré-estabelecido pela Anvisa e a formulação contendo 30 ml de Acusol (1320 cP) é que mais se distancia desse valor.

6 CONCLUSÃO

Os resultados permitem dilucidar que as formulações testadas como uma alternativa aos componentes comumente utilizados para produzir álcool em gel não atendem a legislação, apesar de apresentarem propriedades similares às estabelecidas pelos critérios da Resolução-RDC N° 46 da Anvisa, indicando que outras formulações com maior adição de espessantes poderiam adequar-se melhor às normas.

As alterações nos valores de pH de cada uma das formulações indicam que essa propriedade não é alterada pela concentração do espessante. As respostas reológicas mostram que a natureza do polímero altera suas propriedades e que os espessantes utilizados podem ser uma alternativa aos espessantes comerciais mais utilizados, pois cumpriram o papel de alterar a viscosidade do álcool em gel. Além disso, os resultados para viscosidade demonstram que a formulação produzida utilizando Aquawan é a mais indicada por se aproximar mais do valor estabelecido pela Anvisa.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Catarina de Siena Vieira et al. **Higiene das Mãos e Prevenção da Influenza: Conhecimento de Discentes da Área da Saúde**. Texto contexto - enferm. 2018, vol.27, n.4. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-07072018000400327&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 09 de outubro de 2020.

ANVISA - Agência Nacional De Vigilância Sanitária. **Segurança do paciente em serviços de saúde: higienização das mãos**. Brasília (DF): MS; 2009. Disponível em:<http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/paciente_hig_maos.pdf>. Acesso em 07 de outubro de 2020.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Nota Técnica nº 3/2020/SEI/DIRE3/ANVISA. **Orientações gerais sobre a doação de álcool 70%**. Processo nº 25351.908991/2020-73, atualizado em 24 mar. 2020. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/2857848/5680794/NT+FINAL.pdf/361b79b3-9277-452a-835a3b9ef9be1bb9>>. Acesso em: 08 outubro de 2020.

AQUALON. **Natrosol Hydroxyethylcellulose, a non ionic water-soluble polymer**. Physical and chemical properties, 2000.

BENNET CO; MYERS J. E. **Fenômenos de Transporte, Quantidade de Calor e Massa**. McGraw-Hill do Brasil LTDA. 1978.

BRAGA, S.M.S., FURTADO, V.C.S.; FURLAN, C.M.. **Avaliação in vitro da eficácia bactericida de desinfetantes de uso geral frente a amostras de Staphylococcus aureus e Escherichia coli**. Revista Científica da FEPI, v.2, n.1, p.1-4, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Documento de referência para o Programa Nacional de Segurança do Paciente**. 2014. 40p.

CARDOSO S.R.; PEREIRA, L.S.; SOUZA, A.C.S; TIPPLE, A.F.V; PEREIRA, M.S.; JUNQUEIRA, A.L.N. **Anti-sepsia para Administração de Medicamentos Por Via Endovenosa e Intramuscular**. Revista Eletrônica de Enfermagem. v. 8, n 1, p.75-82, 2006.

CORREA, N. et al. **Avaliação do comportamento reológico de diferentes géis hidrofílicos**. Revista brasileira de ciências farmacêuticas, v. 41, n.1, p. 73-78, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcf/v41n1/v41n1a07.pdf>>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

GEANKOPLIS CJ. **Transport processes and separation process principles: (includes unit operations)**. 4th ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall Professional Technical Reference, 2003.

International Union of Pure and Applied Chemistry.; **Compendium of Chemical Terminology Gold Book**, Version 2.3.3., IUPAC: Zúrique, 2014.

Kotz, J. C.; Treichel, P. M.; Weaver, G. C.; **Química Geral e Reações Químicas**. 6.ed., Cengage Learning: São Paulo, 2014.

LAI, K.K. et al. **Impact of Alcohol-Based, Waterless Hand Antiseptic on The Incidence of Infection and Colonization With Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus and Vancomycin-Resistant Enterococci**. Infect Control Hosp Epidemiol, v.27, p. 1018-1021, 2006.

LUBRIZOL, 2002.**TDS-237:Neutralizing Carbopol ® and Pemulen™ Polymers in Aqueous and Hydroalcoholic Systems**. ed.September 2008.

MAGALHAES, W. L. E.; DEGENHARDT-GOLDBACH, J. **Nova formulação de álcool gel (MicroCelol) com celulose microfibrilada (MFC): avaliação em Escherichia coli**. Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 444. Colombo: Embrapa Florestas, 2020.

MANRICH, S; PESSAN, L. A. **Reologia: conceitos básicos**. São Carlos: Gráfica UFSCar. 1987.

MOTA, E. C; BARBOSA DA, S. B. R. M; RABELO, T. A.; SILVA, N. M.; SILVA, P. L. N. **Higienização das mãos: uma avaliação da adesão e da prática dos profissionais de saúde no controle das infecções hospitalares**. Rev Epidemiol Control Infect, v. 4, n.1, p.12-7 2014. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/epidemiologia/article/viewFile/4052/3379>>. Acesso em: 08 de outubro de 2020.

RODRIGUES, M, J. **Desenvolvimento de um sistema de medição de viscosidade em uma roda giratória**. Projeto de Graduação. Pontífica Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ, 2017. Disponível em: < <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/33311/33311.PDF> >. Acesso em 15 de outubro de 2020.

SEQUINEL, Rodrigo; LENZ, Guilherme Felipe; SILVA, Francis Josiane Liana Baumgardt da and SILVA, Fabiano Rosa da. **Soluções a Base de Álcool para Higienização das Mãos e Superfícies na Prevenção da Covid-19: Compêndio Informativo Sob o Ponto de Vista da Química Envolvida**. Quím. Nova. 2020, vol.43, n.5. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422020000500679&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 11 de outubro de 2020.

SHEFER, A. GRODZINSKY, K. PRIME E J. BUSNEL. **Novel model networks of poly(acrylic acid) synthesis and characterization**. Macromolecules, vol. 19, pp. 5009-5014, 1993.

SRBT – Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. **Resposta Técnica**. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>> Acesso em:27/09/21

TONELI, J. T. C. L; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. **Estudo da Reologia de Polissacarídeos Utilizados na Indústria de Alimentos**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial. 2005. n.2, 7:181-204.

TRICK, W. E., et al. **Multicenter intervention program to increase adherence to hand hygiene recommendations and glove use and to reduce the incidence of antimicrobial resistance**. Infect Control Hosp Epidemiol, v.28, n.1, p.42-49, 2007.

WHO - World Health Organization. (2020). **Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus**. Interim guidance: 19 March 2020. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331499/WHO-2019-nCoVIPC_WASH-2020.2-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 07 de outubro de 2020.

WU F, ZHAO S, YU B, CHEN YM, WANG W, SONG ZG, HU Y, TAO ZW, TIAN JH, PEI YY, YUAN ML, ZHANG YL, DAI FH, LIU Y, WANG QM, ZHENG JJ, XU L, HOLMES EC, ZHANG YZ. **A new coronavirus associated with human respiratory disease in China**. Nature 2020; 579(7798):265-269.