



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CEILÂNDIA
CURSO DE FARMÁCIA**

MIRELLA PAULA DE FREITAS BARROS

**ESTUDO FOTOQUÍMICO DAS NANOPARTÍCULAS DE OURO PRODUZIDAS
COM O LÁTEX DE *EUPHORBIA TIRUCALLI***

BRASÍLIA, 2022

MIRELLA PAULA DE FREITAS BARROS

**ESTUDO FOTOQUÍMICO DAS NANOPARTÍCULAS DE OURO PRODUZIDAS
COM O LÁTEX DE *EUPHORBIA TIRUCALLI***

Monografia de Conclusão de Curso apresentada
como requisito parcial para obtenção do grau de
Farmacêutico, na Universidade de Brasília,
Faculdade de Ceilândia.

Professor orientador: Profa. Dra. Claire Nain Lunardi Gomes

Coorientador: Prof. Dr. Anderson de Jesus Gomes

BRASÍLIA, 2022

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

BB277e Barros, Mirella Paula de Freitas
ESTUDO FOTOQUÍMICO DAS NANOPARTÍCULAS DE OURO PRODUZIDAS
COM O LÁTEX DE EUPHORBIA TIRUCALLI / Mirella Paula de
Freitas Barros; orientador Claure Nain Lunardi Gomes; co
orientador Anderson de Jesus Gomes. -- Brasília, 2022.
36 p.

Monografia (Graduação - Farmácia) -- Universidade de
Brasília, 2022.

1. Nanopartículas de ouro. 2. Euphorbia tirucalli. 3.
Azul de metileno. 4. Fotocatálise. 5. Fotodegradação. I.
Nain Lunardi Gomes, Claure , orient. II. de Jesus Gomes,
Anderson, co-orient. III. Título.

MIRELLA PAULA DE FREITAS BARROS

**ESTUDO FOTOQUÍMICO DAS NANOPARTÍCULAS DE OURO PRODUZIDAS
COM O LÁTEX DE *EUPHORBIA TIRUCALLI***

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Claire Nain Lunardi Gomes
(UNB - Faculdade Ceilândia)

Coorientador: Prof. Dr. Anderson de Jesus Gomes
(UNB - Faculdade Ceilândia)

Prof. Dr. Marcelo Henrique de Sousa
(UNB - Faculdade de Ceilândia)

Msc. João Bosco Ferreira da Conceição Maniero
(UNB - Faculdade Ceilândia)

BRASÍLIA, 2022

AGRADECIMENTOS E DEDICATÓRIA

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus e a Nossa Senhora, por cada dia vivido até aqui, por cada graça alcançada durante essa graduação, pois se hoje estou aqui é pela força e vontade Dele.

Agradeço e dedico esse trabalho à minha admirada e amável mãe, Luciana, por cada vez que me incentivou a estudar, que sempre foi um modelo de mulher inteligente, batalhadora, que mostrou o caminho apaixonante pela área de saúde, cuidando e ajudando o próximo da melhor forma possível. Ela, que desde minha infância, me estimulou a entrar para Universidade de Brasília, e sempre me dizendo para dar o melhor de mim, como pessoa, como estudante, como profissional.

Ao meu querido pai e herói, Diosvaldir, por todo acolhimento, carinho, conversas, motivações e torcida até aqui. Ele quem me aconselha, me ensina a ter calma e paciência, me impulsionando no caminho do bem e a nunca desistir dos meus sonhos.

Às minhas avós, Francisca e Jovita, que são as melhores avós do mundo, um porto seguro em meio a qualquer tempestade e meu avô Luciano (*in memoriam*), que me levou para a escola todos os dias e hoje faz muita falta em minha vida, mas está presente em meu coração.

Ao meu amado namorado, Gabriel, que tive o prazer de conhecer dentro da Universidade, trilhando o mesmo caminho que o meu, no curso de farmácia. Uma das melhores pessoas que conheci na vida, que segurou minha mão e não soltou mais, que não ajudou apenas com este trabalho, mas em toda graduação. Me deu forças, estudou comigo, que teve muita paciência e não me deixou desistir nem mesmo por um segundo, e também aos seus pais, Rosali e Jewson, pelo apoio e incentivo.

A minha irmã Sarah, meus afilhados, todas minhas primas e primos, meus padrinhos, tios e tias por serem minha base na vida.

Aos meus amigos Giovanna, Arthur, Mayumi, Antonio, Ramon, Maria Luísa, Rodrigo, as meninas do “CAdoce” e da “LAICE - Liga Acadêmica Interdisciplinar de Cosmetologia e Estética” por tornarem essa jornada mais leve e prazerosa.

Aos meus professores e orientadores, Claire e Anderson, pelos anos de ensinamentos que foram muito além das matérias de graduação, que me mostraram o percurso da pesquisa científica.

RESUMO

As nanopartículas de ouro (AuNPs) em sua escala macro, não apresentam quimisorção, ou seja, não adsorve átomos de oxigênio ou hidrogênio, os quais são fundamentais para catálise. Mas na escala nanométrica por conter muitos átomos de ouro disponíveis para ligação química, são capazes de fazer ligação química mediante a orbital *d* do ouro com o orbital *p* do oxigênio. Esse tipo de ligação é possível com nanopartículas (NPs) com tamanho médio de 5,0 a 20 nm. O objetivo desse trabalho de conclusão de curso foi avaliar através de ensaios fotoquímicos a atividade catalítica de nanopartículas de ouro (AuNP). As AuNPs utilizadas neste trabalho foram preparadas através do método de síntese verde com o látex de *Euphorbia Tirucalli* com o auxílio de radiação de micro-ondas. Para a avaliação da atividade catalítica foi utilizado o corante azul de metileno (AM), o qual atua como indicador da degradação fotoquímica promovida pelas AuNPs. Neste trabalho o sistema produzido foi testado em amostras contendo somente com o azul de metileno (controle), o látex de eufol (controle), AuNPs produzidas com citrato de sódio e AuNPs produzidas com látex de eufol. Os resultados obtidos mostram que a degradação obedece a um modelo cinético de primeira ordem com uma constante de velocidade de $k_{\text{AuNP-Eufol}} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$. Com isso foi possível identificar que quando comparamos AuNP-Eufol com AuNP-Cit, a fotodegradação foi mais eficiente na presença do eufol.

Palavras-Chave: Nanopartículas de ouro, *Euphorbia tirucalli*, azul de metileno, fotocatalise, fotodegradação.

ABSTRACT

The gold nanoparticles (AuNPs) in its macro scale, do not present chemisorption, i.e., do not adsorb oxygen or hydrogen atoms, which are fundamental for catalysis. But at the nanometer scale, because they contain many gold atoms available for chemical bonding, they are able to make chemical bonds through the d orbital of gold with the p orbital of oxygen. This type of bonding is possible with nanoparticles (NPs) with an average size of 5.0 to 20 nm. The objective of this end-of-course work was to evaluate through photochemical assays the catalytic activity of gold nanoparticles (AuNPs). The AuNPs used in this work were prepared by the green synthesis method with *Euphorbia Tirucalli* latex with the aid of microwave radiation. To evaluate the catalytic activity, the methylene blue (AM) dye was used, which acts as an indicator of the photochemical degradation promoted by AuNPs. In this work the system produced was tested in samples containing only methylene blue (control), eufol latex (control), AuNPs produced with sodium citrate and AuNPs produced with eufol latex. The results obtained show that the degradation follows a first-order kinetic model with a speed constant of $k_{\text{AuNP-Eufol}} = 1.5 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$. With this, it was possible to identify that when comparing AuNP-Eufol with AuNP-Cit, photodegradation was more efficient in the presence of eufol.

Keywords: Gold nanoparticles, *Euphorbia tirucalli*, blue metilene, photocatalysis, photodegradation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos das nanopartículas produzidas: diâmetro médio (nm), índice de polidispersidade (Pdl) e potencial zeta (ZP).	18
Tabela 2. Absorbância inicial vs. absorvância final no comprimento de onda de 664 nm.	23
Tabela 3. Tabela de tempo de exposição das amostras.....	24
Tabela 4. Parâmetros do modelo cinético de primeira ordem.....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fotografia da <i>Euphorbia Tirucalli</i>	14
Figura 2. Fotografia demonstrando o látex da Avelós.	14
Figura 3. Análise de FTIR das amostras.	20
Figura 4. AuNP-Eufol antes do aquecimento em micro-ondas.....	20
Figura 5. AuNP-Eufol após aquecimento em banho maria.....	21
Figura 6. AuNP-Eufol após aquecimento em micro-ondas.....	21
Figura 7. Absorbância por comprimento de onda (nm) das AuNP-Eufol em diferentes formas de síntese.....	21
Figura 8. Espectro de absorção na região do UV-Vis do azul de metileno em solução e na presença de látex de eufol e nanopartículas de ouro.....	22
Figura 9. Espectros de absorção na região do UV-Vis após o processo de fotocatalise do corante azul de metileno (1,0 %), irradiado com luz laser no comprimento de onda de 640 nm pelo período de 120min.....	25
Figura 10. Espectros de absorção na região do UV-Vis após o processo de fotocatalise do corante azul de metileno (1,0 %) associado a AuNP-Eufol, irradiado com luz laser no comprimento de onda de 640 nm pelo período de 120 min.	26
Figura 11. Espectros de absorção na região do UV-Vis após o processo de fotocatalise do corante azul de metileno (1,0 %) associado a associado a AuNP-Cit, irradiado com luz laser no comprimento de onda de 640 nm pelo período de 120 min.	26
Figura 12. Espectros de absorção na região do UV-Vis após o processo de fotocatalise do corante azul de metileno (1,0 %) associado ao látex de eufol irradiado com luz laser no comprimento de onda de 640 nm pelo período de 120 min.	27
Figura 13. Fotodegradação do corante azul de metileno na presença das nanopartículas de ouro com látex de eufol apresentando a absorbância no decorrer do tempo (minutos).	28
Figura 14. Ação fotocatalítica das AuNPs avaliada com o modelo matemático de primeira ordem.	29

SIGLAS

AgNPs - Nanopartículas de prata

AM - Azul de metileno

AuNP-EufoI - Nanopartículas de ouro com látex de eufol

AuNP-Cit - Nanopartículas de ouro com citrato de sódio

AuNPs - Nanopartículas de ouro

BM - Banho maria

FTIR - Espectrofotometria no Infravermelho com Transformada de Fourier

MW- Micro-ondas

NPs - Nanopartículas

PdI - Índice de polidispersão

T. Amb - Temperatura ambiente

Uv-Vis - Espectrofotometria no Ultravioleta visível

ZP - Potencial Zeta

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	OBJETIVOS.....	15
2.1.	Objetivos gerais.....	15
2.2.	Objetivos Específicos	15
2.2.1.	Realizar uma revisão da literatura sobre as plantas da espécie <i>Euphorbia tirucalli</i> analisando suas potenciais aplicações;	15
2.2.2.	Determinar a atividade catalítica das nanopartículas de ouro produzidas a partir da reação com látex de eufol em comparação com AuNPs produzidas através de métodos convencionais;	15
2.2.3.	Avaliar a ação fotoquímica das AuNPs através de estudos espectrofotométricos.	15
3.	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	15
4.	METODOLOGIA.....	16
4.1.	Caracterização das amostras.....	16
4.2.	Caracterização de parâmetros Físico-químicos	16
4.3.	Caracterização de espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR).....	17
4.4.	Teste de atividade catalítica	17
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5.1.	Análise espectroscópica na região do infravermelho (FTIR).....	19
6.	CONCLUSÃO	30
7.	PERSPECTIVAS FUTURAS	30
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
9.	APÊNDICE	37

1. INTRODUÇÃO

Nanopartículas são estruturas que são utilizadas em inúmeros e diversificados trabalhos, desde estruturas usadas na engenharia civil a seu uso na medicina como na produção de diferentes sistemas de transporte e liberação de fármacos, seu uso biológico e não biológico é uma área em expansão (KAHRILAS,2014).

Na década de 70, surgia o termo “nanotecnologia” através do professor Norio Taniguchi, que foi melhor estabelecido por Richard Feynman em “There’s plenty of room at the bottom” de 1959, ao pressupor que máquinas seriam capazes de construir novas máquinas, menores, até que chegassem a escala atômica (NUNES, 2019; FEYNMAN, 1959).

O prefixo “nano” refere-se à escala nanométrica (10^{-9} m), estruturas desse tamanho possuem propriedades extraordinárias (ASSIS, 2012) como: maior permeabilidade nos tecidos e vasos, capaz de potencializar a entrega de drogas (drug delivery) em receptores alvo tornando-se um sistema mais eficiente e seletivo, assim, reduz efeitos colaterais de medicamentos, como citado por COSTA (2019). Recentemente, a nanotecnologia foi utilizada para auxiliar na detecção e no tratamento do SARS-cov-2, e sua efetividade continua sendo estudada (LUNARDI,2022).

A síntese verde de nanopartículas é a metodologia utilizada a fim de minimizar os riscos e agressões ao meio ambiente, esse método tem a vantagem da redução ou eliminação completa do uso de solventes, reagentes ou outros produtos tóxicos. O nome “síntese verde” também pode ser aplicado a sua metodologia quando utilizado algum material de origem orgânica, como plantas, frutas e fungos. (LUNARDI, 2018; KHAN, 2016; MALISZEWSKA, 2014;).

O ouro metálico em escala macroscópica é considerado quimicamente inerte, entretanto, quando reduzido a nanoescala é considerado muito eficaz em catálise (AHMED,2014). A fotocatalise é um método para analisar a atividade de degradação através da luz, com isso é possível verificar a estabilidade e degradação de um composto quando irradiado por luz visível através de um agente catalisador, nesse caso, o azul de metileno (estrutura $C_{16}H_{18}ClN_3S$) é um dos corantes utilizado como indicador da atividade catalítica (LIBERATTI, 2014), sua degradação pode ser

observada com o auxílio de um espectrofotômetro, visto que a cor é consumida quando exposta a luz, diminuindo a intensidade de absorbância.

Khan (2016), testou essa atividade fotocatalítica das nanopartículas de prata (AgNPs) elaboradas com extrato da casca de lichia, onde analisou a redução do azul de metileno através da irradiação de luz visível (KHAN,2016). Em seu estudo, a performance catalítica da AgNP fitossintetizada foi comparada com nanopartículas de prata comerciais, onde as partículas produzidas a partir do extrato botânico obtiveram atividade catalítica superior. A atividade fotocatalítica ultra eficiente poderia ser atribuída ao pequeno tamanho e a alta dispersão das AgNPs (KHAN, 2016).

As nanopartículas de ouro (AuNP) também possuem excelente biocompatibilidade e são muito utilizadas em sistema de liberação de fármacos, devido também a seu baixo custo laboratorial (LUNARDI, 2018). Outra vantagem dessa estrutura é poder ser caracterizada com outros materiais, como corantes catiônicos, como vermelho neutro e galocianina entre outros (VERISSIMO, 2016). Polímeros naturais e sintéticos podem ser associados a nanopartículas de ouro (PVA - álcool polivinílico, PLGA - ácido poli- (lático-e-glicólico) (COSTA, 2020; SOUZA, 2015). Neste trabalho, extratos vegetais (látex de eufol) foram associados a nanopartículas de ouro (LUNARDI, 2018).

A *Euphorbia tirucalli* é popularmente conhecida como Avelós, uma planta nativa do continente africano, mais precisamente da ilha de Madagascar, onde o solo é caracteristicamente árido e de temperaturas quentes, tipicamente tropicais, permite que essa planta se desenvolva em outros locais semelhantes, como o território brasileiro, onde a encontramos com facilidade, principalmente na região Centro-Oeste.

A Avelós, possui folhas em formatos de ramos (Figura 1) que ao serem cortados ou quebrados liberam um látex de coloração esbranquiçada (Figura 2), que quando entra em contato diretamente com a pele é capaz de causar desde leves irritações a possíveis queimaduras, e quando em com os olhos pode levar a perda da visão. Entretanto, embora exista toxicidade, esse mesmo látex também possui propriedades anti-inflamatórias, antitumorais, antifúngicas, antibacterianas e outras (LUNARDI, 2018; MALI, 2017; MING-WEI, 2012; OLIVEIRA, 2014).

Um dos componentes do látex em Eufol é o triterpeno tetracíclico de álcool, que possui propriedades farmacológicas como, por exemplo, anti-inflamatórias. Uma estratégia para a síntese verde de nanopartículas é o uso do látex da planta,

introduzindo os compostos farmacológicos de sua estrutura almejando a possibilidade de utilizar a nanopartícula como carreador do látex, esperando maior potencial na pesquisa de tratamentos com as propriedades farmacológicas citadas acima (LUNARDI, 2018).

Figura 1. Fotografia da *Euphorbia Tirucalli*.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 2. Fotografia demonstrando o látex da Avelós.



Fonte: Próprio autor, 2022.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos gerais

Neste trabalho o principal objetivo é conduzir estudos de interação entre as nanopartículas de ouro e o látex do eufol extraído da *E. tirucalli* e verificar sua atividade fotocatalítica com auxílio do azul de metileno.

2.2. Objetivos Específicos

Busca-se com este trabalho de conclusão de curso alcançar os seguintes objetivos específicos:

- 2.2.1. Realizar uma revisão da literatura sobre as plantas da espécie *Euphorbia tirucalli* analisando suas potenciais aplicações;
- 2.2.2. Determinar a atividade catalítica das nanopartículas de ouro produzidas a partir da reação com látex de eufol em comparação com AuNPs produzidas através de métodos convencionais;
- 2.2.3. Avaliar a ação fotoquímica das AuNPs através de estudos espectrofotométricos.

3. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

- Ácido tetracloroáurico ($\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) - Sigma-Aldrich®;
- Citrato de sódio - Sigma-Aldrich®;
- Azul de metileno - Impex®;
- Metanol p.a.;
- Brometo de Potássio - Dinâmica®;
- Água ultra-pura, com resistividade de 18 MΩ cm;
- Látex de eufol de *Euphorbia tirucalli*;
- Espectrofotômetro UV-Vis Perkin Elmer modelo Lambda 25®;
- Laser de diodo cube (Coherent)® comprimento de onda 640nm;
- Micro-ondas convencional;
- Espectrofotômetro de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), modelo IR Prestige 21 (Shimadzu®);

- Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments®).

4. METODOLOGIA

4.1. Caracterização das amostras

Em um eppendorf com 1,0 mL de metanol e 1,0 mL de água, foram coletados aproximadamente 500 mg de látex da Avelós, retirado dos “nós” entre cada ramo. Essa solução foi homogeneizada, filtrada e colocada sob evaporação constante até tornar-se um pó seco, o qual foi armazenado em geladeira até o momento de utilização, quando necessário pode-se reconstituir utilizando metanol, deixando a concentração dessa solução a 3,0% (látex de eufol).

Para o preparo da nanopartícula de ouro com látex de eufol (AuNP-Eufol), foram utilizados 700 µL de solução de ácido tetracloroáurico a 0,1% (HAuCl₄·3H₂O) e 300 µL de solução de látex de eufol 3,0%. Ambas soluções foram adicionadas em um eppendorf e o mesmo foi aquecido em micro-ondas em dois ciclos de 30 segundos cada.

Outra técnica testada foi o aquecimento em banho-maria durante 5 minutos e uma amostra deixada apenas em temperatura ambiente, em meio escuro, isolado da luz, durante aproximadamente 24 horas. Para a confirmação da formação das nanopartículas, foi observado a alteração da cor da solução de amarelo para violeta conforme as figuras 3 a 5 (LUNARDI, 2018).

Além das nanopartículas com látex de eufol, foram preparadas outras três soluções: Solução de azul de metileno (AM) na concentração de 1,0%; solução de látex de eufol, reconstituído a partir do pó conforme descrito acima; solução de nanopartículas de ouro com citrato de sódio 1,0% (AuNP-Cit) aquecido no micro-ondas em dois ciclos de 30 segundos, considerada a nanopartícula “vazia”, por não conter o látex de eufol.

4.2. Caracterização de parâmetros Físico-químicos

A caracterização para determinar o tamanho (diâmetro) e a distribuição potencial zeta (ZP) do AuNPs sintetizadas, usando um feixe de laser HE-633-nm de 10 mW a 25°C e um ângulo de dispersão de 173 °. O tamanho das partículas foi adquirido utilizando a distribuição de tamanho pelo modo de intensidade (Índice de

Polidispersão - Pdl). O potencial Zeta das partículas foi adquirido usando o pacote de software ZetaPlus™ no modo de análise potencial Zeta.

4.3. Caracterização de espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

Os grupamentos funcionais das quatro amostras (AuNP-Eufol, AuNP-Cit, AM e látex de eufol), foram avaliadas através de espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). As amostras foram adicionadas ao Brometo de Potássio (KBr), em uma proporção de 1:10 e colocadas no dessecador a vácuo. Após estarem completamente secas, as amostras foram pulverizadas e compactadas numa prensa hidráulica (80 KN), formando pastilhas das amostras. Cada pastilha foi analisada no FTIR no intervalo de 400 a 4000 cm^{-1} com uma resolução de 4,0 cm^{-1} .

4.4. Teste de atividade catalítica

O teste de fotocatalise foi adaptado a partir do método descrito por Khan em 2016. Preparou-se uma solução de azul metileno e água na concentração de 1,0% e dividiu-se em 4 alíquotas de 25 mL cada, amostras A, B, C e D armazenadas em vidros âmbar seguindo a descrição abaixo:

- A) Solução de azul de metileno (25 mL);
- B) Azul de metileno com nanopartícula “vazia” (Ouro e citrato): Aos 25 mL de Azul de metileno é adicionado 4,0 mg de AuNP-Cit;
- C) Azul de metileno com nanopartícula de ouro e látex de eufol (AM + AuNP-Eufol): adicionou-se 4,0 mg das NPs aos 25 mL de azul de metileno;
- D) Azul de metileno e látex de eufol puro: 25 mL de azul de metileno com 4,0 mg de látex de eufol reconstituído a partir do pó.

Com as amostras preparadas, foi feita a análise inicial utilizando o espectrofotômetro (UV-Vis), em seguida, cada amostra foi exposta ao laser em 15 ciclos de tempos alternados totalizando 117 minutos. Repetiu-se a medida UV-Vis entre cada ciclo, analisando a propriedade fotocatalítica.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As nanopartículas de ouro apresentam como grandes vantagens a biocompatibilidade quando utilizado em pequenas proporções (AHMED,2014), propriedades físicas, químicas, ópticas, elétricas, catalíticas (SANTOS, 2002), uma síntese relativamente simples, o controle do tamanho das nanopartículas, e a facilidade de modificação química de sua superfície.

As AuNPs são instáveis devido a sua alta energia de superfície, para prevenir agregação e controlar o tamanho das nanopartículas, deve-se adicionar um agente estabilizante adequado (SANTOS, 2002). A redução química por citrato de sódio é o método mais convencional utilizado para preparar nanopartículas de ouro monodispersas assim como o método de síntese por borohidreto de sódio se destaca pelo considerável rendimento gerado no processo de produção de NPs.

Neste trabalho as NPs foram produzidas pelo método do citrato e pela utilização do látex de eufol, como resultado as nanopartículas produzidas apresentaram as características físicas listadas na Tabela, abaixo.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos das nanopartículas produzidas: diâmetro médio (nm), índice de polidispersão (Pdl) e potencial zeta (ZP).

Nanopartículas	Diâmetro (nm)	Pdl	ZP (mV)
AuNP-Cit	20.10 ± 0.204	0.50	-17.3
AuNP-Eufol	390 ± 15.4	0.15	-16.5

Fonte: Próprio autor, 2022.

Conhecer estas características é de suma importância para as eventuais aplicações das NPs, as quais são predominantemente governadas pelas suas propriedades, como a dimensão das partículas, carga superficial e eficiência de encapsulamento que podem facilmente influenciar na estabilidade das partículas, na capacidade carregamento do fármaco, na velocidade de libertação, na toxicidade, e na distribuição *in vivo*.

Em nossos ensaios foi observado que as AUNP-Cit apresentam dimensões adequadas para aplicação *in vivo*, com um diâmetro médio de 20 nm, o qual é um resultado similar ao obtido por Turkevich e colaboradores. Por outro lado, as AuNP-Eufol apresentaram dimensões muito elevadas as quais podem ser atribuídas a sua natureza física, uma vez que nanopartículas, exclusivamente coloidais, em uma curta

distância, são atraídas uma para perto das outras devido a força de Van der Waals (que são forças de atração ou de repulsão originadas entre os grupos presentes nas moléculas), não havendo forças contrárias as partículas irão se agregar e o sistema coloidal será desestabilizado (SANTOS, 2002). O que pode ser observado pelos valores de potencial zeta (ZP), os quais estão bem abaixo de um valor considerado estável (30 mV) (MISHRA, 2009).

5.1. Análise espectroscópica na região do infravermelho (FTIR)

Neste trabalho a produção das nanopartículas de ouro foi acompanhada visualmente e instrumentalmente através das técnicas de FTIR e UV-Vis. Os estudos espectroscópicos de FTIR foram realizados para identificar os possíveis grupos funcionais das biomoléculas presentes no Eufol envolvidos na redução de íons de ouro e na estabilização de AuNPs sintetizadas.

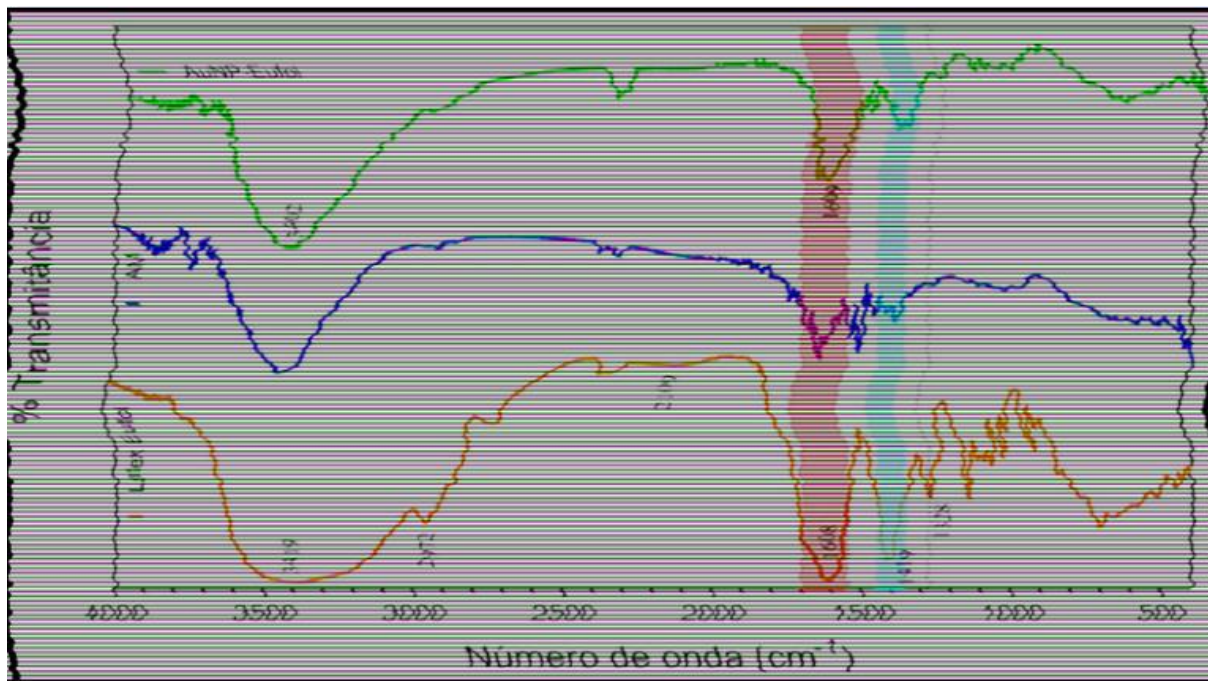
Os espectros FTIR do Eufol, AM, e AuNP-Eufol são mostrados na Figura 3, onde os picos em 3419 cm^{-1} foram atribuídos ao grupo hidroxila proveniente de álcoois e compostos fenólicos, 1419 cm^{-1} grupos C=C de alcenos, 1328 cm^{-1} grupos C-CH₃, enquanto as AuNPs mostraram picos de $3402, 1608\text{ cm}^{-1}$. O Eufol original mostrou bandas de absorção intensa a $3419, 2972, 2109, 1608, 1419, 1024\text{ cm}^{-1}$, provenientes do triterpeno tetracíclico de álcool. A forte banda de absorção a 3419 cm^{-1} é atribuída à vibração de estiramento da ligação O-H. A banda em 2972 é devido à vibração de estiramento alifático C-H. A faixa a 1419 cm^{-1} pode ser atribuída à vibração do grupamento metileno.

A principal diferença entre o espectro do Eufol antes e depois da redução do ouro é o desaparecimento do pico em 1328 cm^{-1} e uma redução no pico de 1419 cm^{-1} . Este fenômeno está associado as biomoléculas do Eufol, tais como antioxidantes, fenóis e flavonoides, que contêm grupos C=C aromáticos abundantes na região de 1422 cm^{-1} e que podem desempenhar um papel importante na bio redução e estabilização das AuNPs e podem ser responsáveis pelo aparecimento do pico significativo a 1365 cm^{-1} correspondente à ligação C-C.

Em recentes trabalhos Lunardi e colaboradores mostram que o pico de absorção das AuNPs a 3042 cm^{-1} pode ser atribuído aos grupos OH, ou da interação das AuNPs com grupos N-H, N=H, e OH durante o processo de biossíntese. Assim,

deduziu-se que as AuNPs poderiam ser estabilizadas por biomoléculas (antioxidantes, flavonoides e polifenóis) originárias do látex do eufol_(LUNARDI,2018).

Figura 3. Análise de FTIR das amostras.



Fonte: Próprio autor, 2022.

A síntese das nanopartículas foi acompanhada visualmente pela alteração da cor da solução de amarelo claro para tons de rosa a violeta conforme pode ser observado nas Figuras 4, 5 e 6, e instrumentalmente comprovada através de medidas de espectrofotometria de absorção molecular na região do UV-Vis, mais precisamente pela presença de uma banda de plasmon característica de nanopartículas de ouro, situada por volta de 550 nm (Figura 7).

Figura 4. AuNP-Eufol antes do aquecimento em micro-ondas.



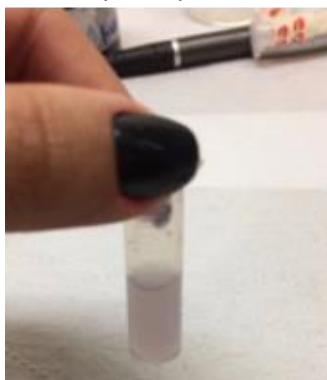
Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 5. AuNP-Eufol após aquecimento em banho maria.



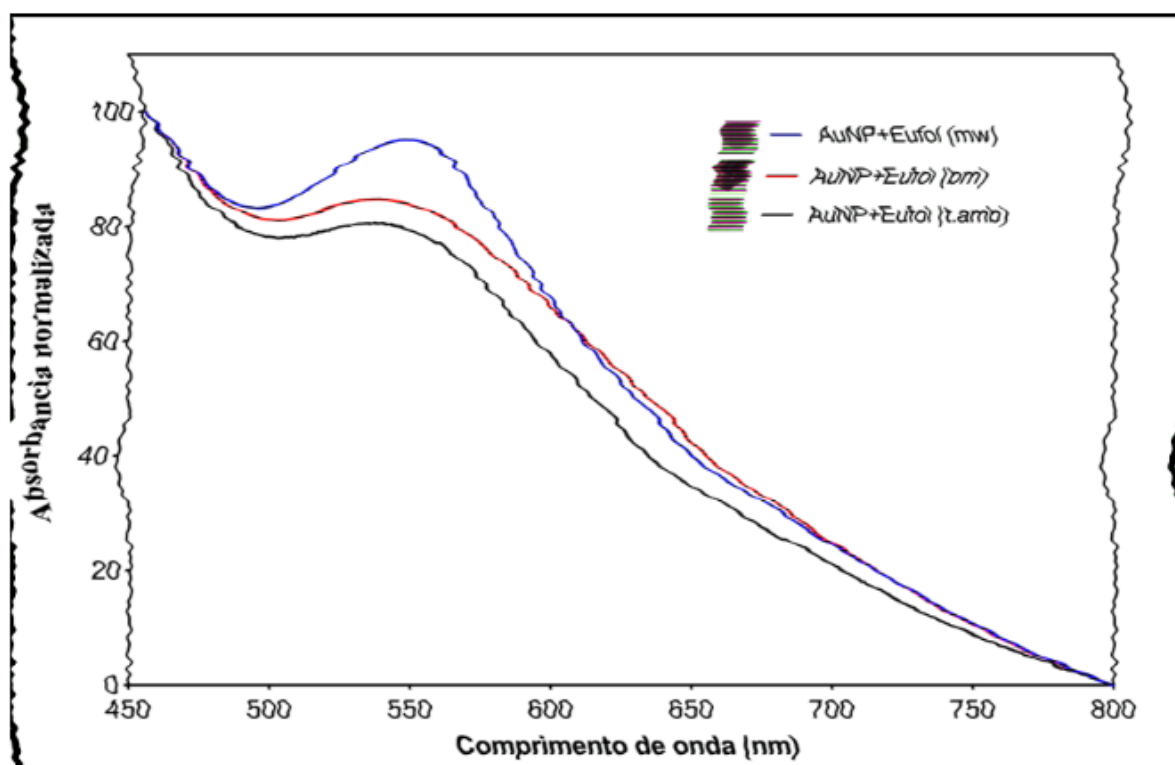
Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 6. AuNP-Eufol após aquecimento em micro-ondas.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 7. Absorbância por comprimento de onda (nm) das AuNP-Eufol em diferentes formas de síntese.

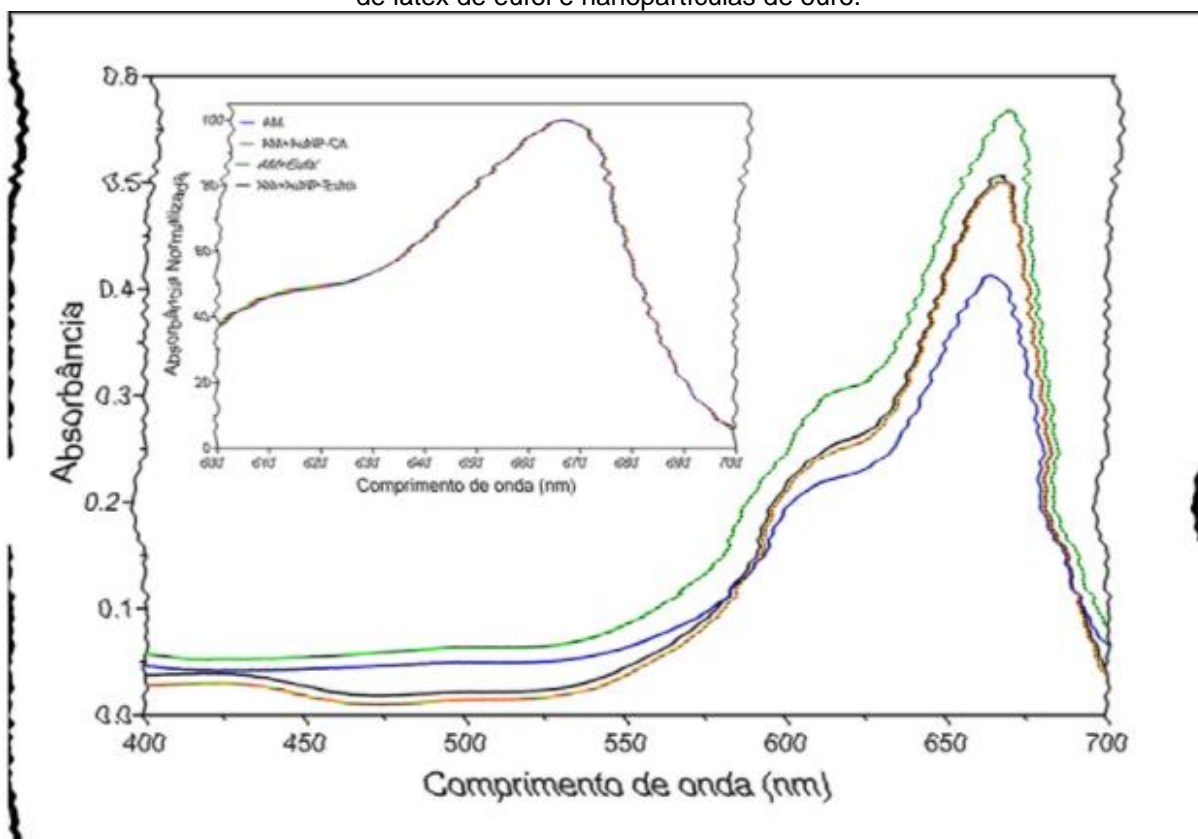


Fonte: Próprio autor, 2022.

Nanopartículas de ouro no tamanho de 20 nm em solução coloidal apresentam coloração violeta. Essa mudança de cor se dá pela alteração das condições de superfície das nanopartículas. O que acontece é que a partícula metálica possui elétrons livres e na superfície das NPs estes elétrons formam uma nuvem eletrônica que se move com a interação de uma onda eletromagnética. Com o aumento da dimensão da NP essa superfície muda e, portanto, a maneira em que essa nuvem eletrônica interage com a luz, também muda. Por isso ela muda de cor dependendo do tamanho. Essa interação da luz com os elétrons da superfície da nanopartícula é chamada de Ressonância Plasmônica, anteriormente observado na Figura 7. (MELO, 2012)

Foi observado também que a presença do látex de eufol e de nanopartículas de ouro não ocasionaram mudança no perfil espectral do azul de metileno com pico de absorbância localizado em 664 nm conforme mostrado na Figura 8.

Figura 8. Espectro de absorção na região do UV-Vis do azul de metileno em solução e na presença de látex de eufol e nanopartículas de ouro.



Fonte: Próprio autor, 2022.

O efeito da exposição da radiação laser sobre as amostras de interesse foi acompanhado através da técnica de espectrofotometria UV-Vis ao longo do tempo de irradiação. Na Tabela 2 são apresentados os valores de absorbâncias antes e após as exposições à fotólise.

Tabela 2. Absorbância inicial vs. absorbância final no comprimento de onda de 664 nm.

Soluções	Abs. inicial (λ_{664} nm)	Abs. final (λ_{664} nm)
Solução de AM	0,412735	0,080104
AM + AuNP-EufoI	0,506295	0,085591
AM + AuNP-Cit	0,500597	0,057873
AM + EufoI	0,567278	0,101756

Fonte: Próprio autor, 2022.

As Figuras 9-12, apresentam o espectro de absorção das soluções de azul de metileno submetidas a fotólise com luz laser no comprimento de onda de 640 nm, quando em solução ou associado a AuNP-EufoI, AuNP-Citrato, EufoI, respectivamente, em intervalos de tempos variando de zero a 120 minutos.

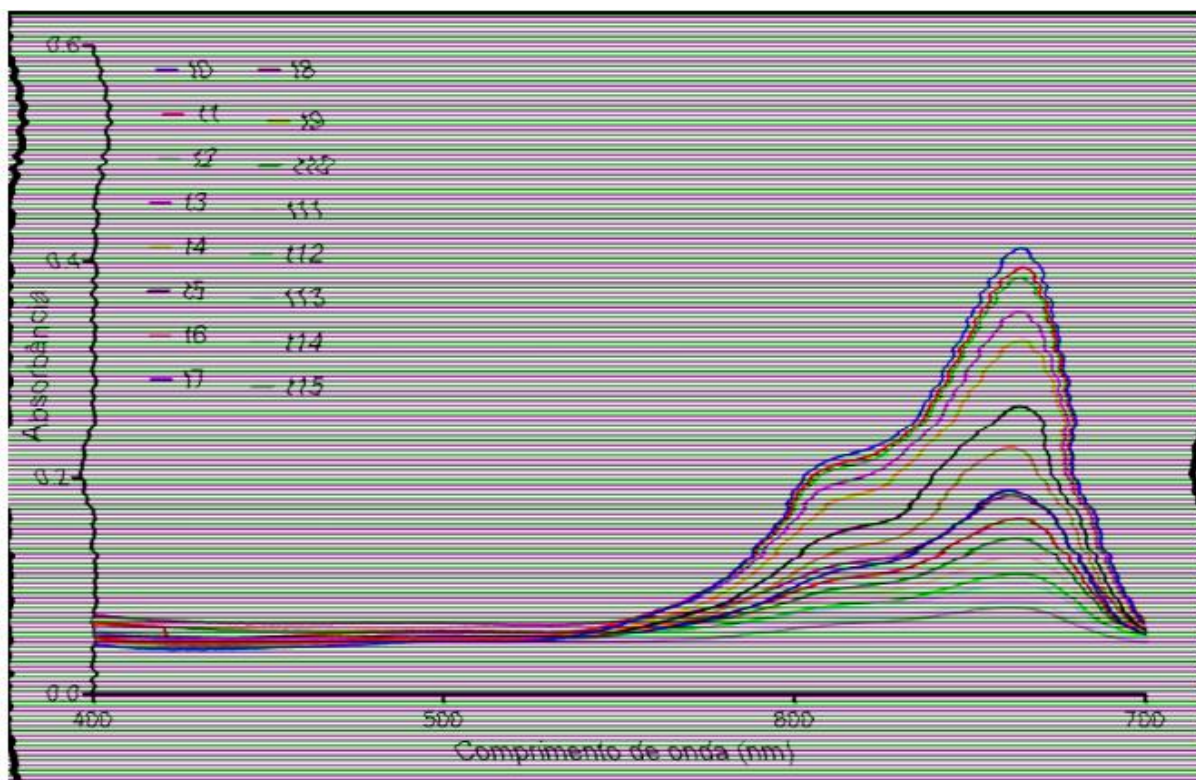
Na tabela 3 são apresentados todos os valores de absorbâncias referentes a cada tempo de exposição ao laser das amostras.

Tabela 3. Tabela de tempo de exposição das amostras e Absorbância no comprimento de onda de 664 nm.

Ciclo	Tempo de exposição (Min)	Abs. Azul de metileno	Abs. AM + AuNP-Cit	Abs. AM + AuNP-Eufol	Abs. <u>AM+Eufol</u>
T0	0	0,412735	0,500597	0,506295	0,567278
T1	1	0,394857	0,47297	0,486221	0,532451
T2	1	0,385505	0,460871	0,476133	0,461371
T3	5	0,353842	0,422822	0,434005	0,476504
T4	5	0,327342	0,361942	0,420125	0,431474
T5	10	0,266117	0,297668	0,349808	0,347559
T6	10	0,228686	0,226417	0,293124	0,285467
T7	10	0,188508	0,206216	0,262088	0,242379
T8	5	0,18389	0,184057	0,236759	0,227085
T9	10	0,162439	0,148579	0,206355	0,196412
T10	10	0,144449	0,124275	0,176316	0,157653
T11	10	0,127888	0,105262	0,144586	0,155247
T12	10	0,111788	0,092913	0,130155	0,137688
T13	10	0,102437	0,0805	0,116155	0,125693
T14	10	0,086449	0,071546	0,100396	0,112643
T15	10	0,080104	0,057873	0,085591	0,101756

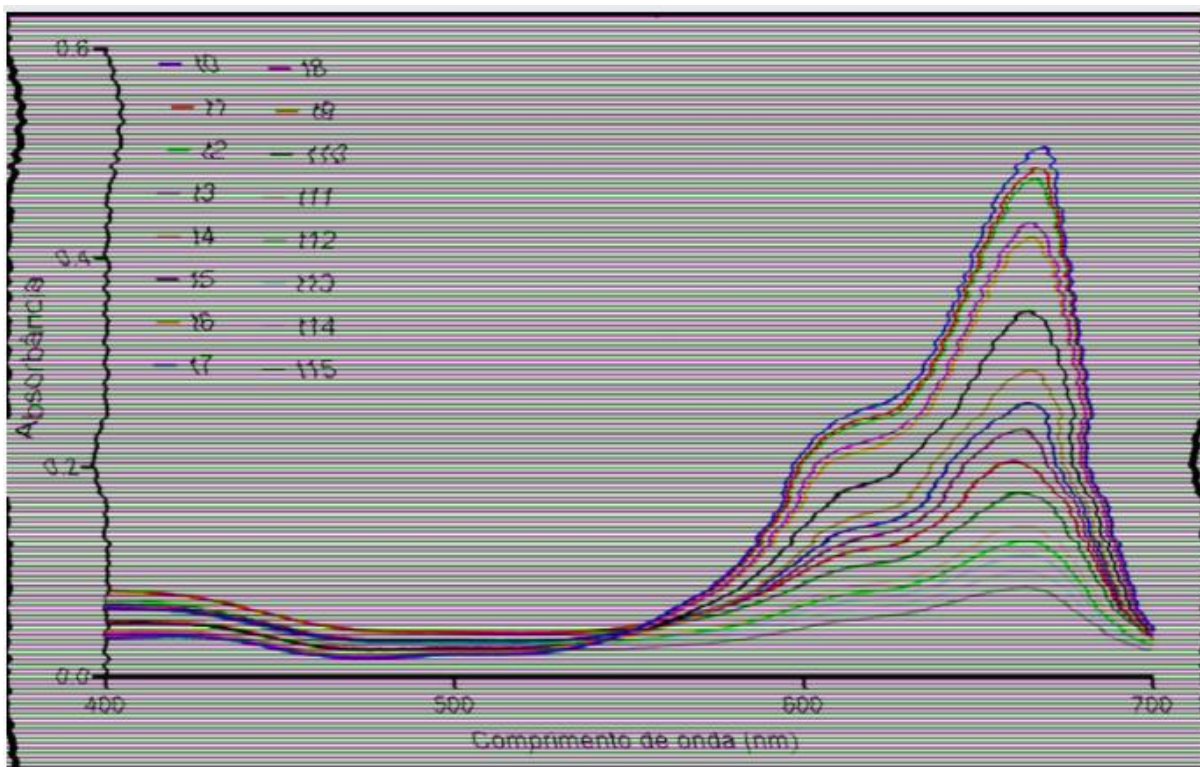
Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 9. Espectros de absorção na região do UV-Vis após o processo de fotocatalise do corante azul de metileno (1,0 %), irradiado com luz laser no comprimento de onda de 640 nm pelo período de 120 min.



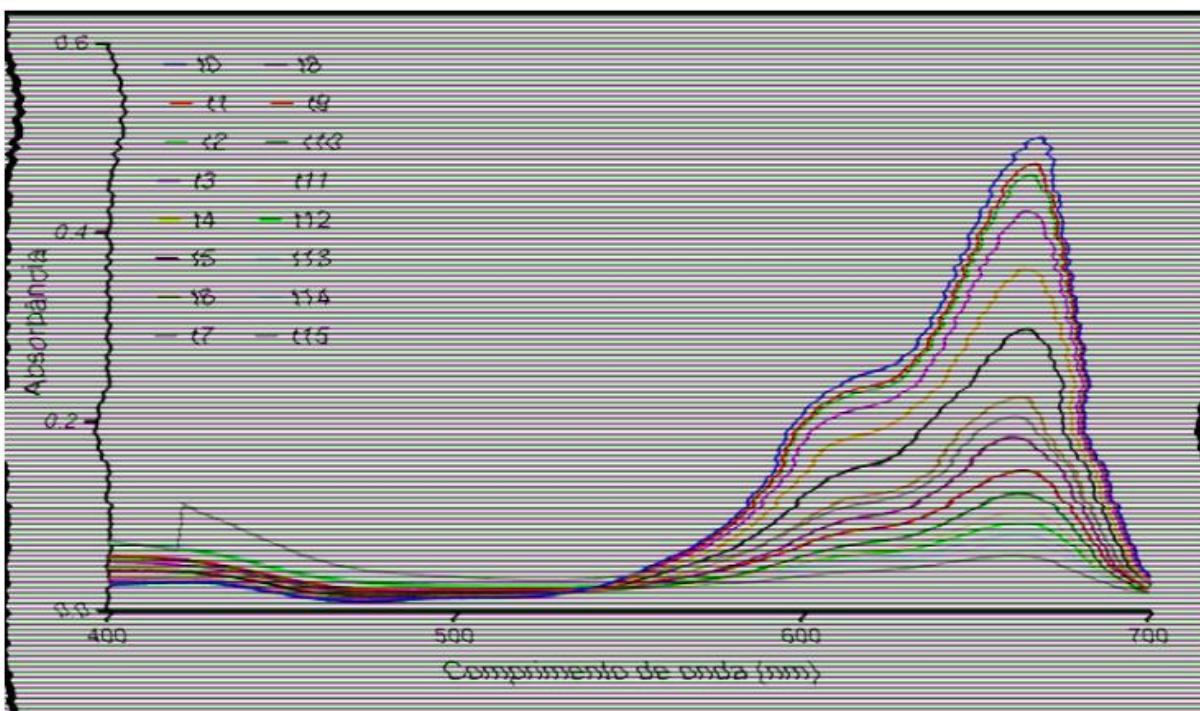
Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 10. Espectros de absorção na região do UV-Vis após o processo de fotocatalise do corante azul de metileno (1,0 %) associado a AuNP-Eufof, irradiado com luz laser no comprimento de onda de 640 nm pelo período de 120 min.



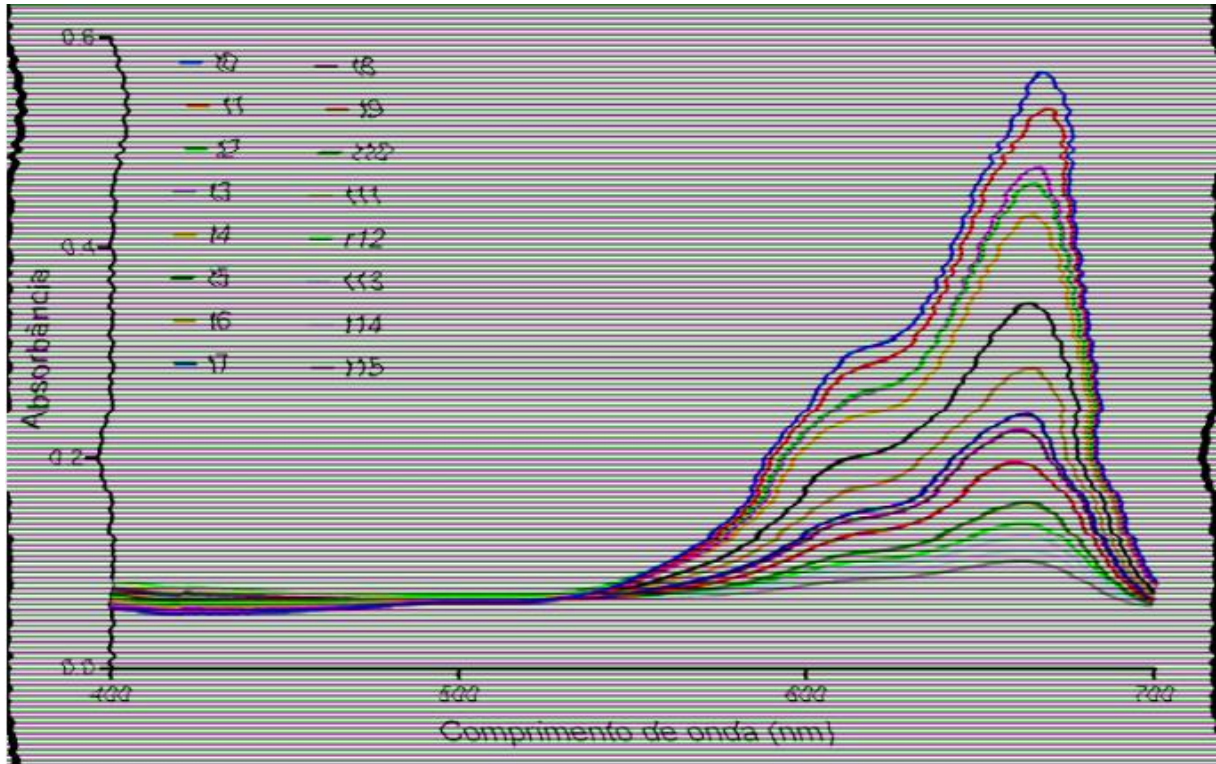
Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 11. Espectros de absorção na região do UV-Vis após o processo de fotocatalise do corante azul de metileno (1,0 %) associado a associado a AuNP-Cit, irradiado com luz laser no comprimento de onda de 640 nm pelo período de 120 min.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 12. Espectros de absorção na região do UV-Vis após o processo de fotocatalise do corante azul de metileno (1,0 %) associado ao látex de eufol irradiado com luz laser no comprimento de onda de 640 nm pelo período de 120 min.



Fonte: Próprio autor, 2022.

A eficiência da degradação das AuNPs com o azul de metileno (AM) foi calculada usando a fórmula:

$$\eta\% = (1 - A_t / A_0) \times 100$$

Onde A_0 é o máximo de absorção em $t = 0$ e A é o máximo de absorção no momento $t = t$ min.

As eficiências de degradação calculadas para as AuNPs com AM usando fórmulas apropriadas são dadas abaixo.

$$\eta\% = (1 - 0,057873 / 0,500597) \times 100 = 88,4\% \text{ para } \mathbf{AM + AuNP-Cit} \text{ por } 120 \text{ min,}$$

$$\eta\% = (1 - 0,085591 / 0,506295) \times 100 = 83,09\% \text{ para } \mathbf{AM + AuNP-Eufol} \text{ por } 120 \text{ min,}$$

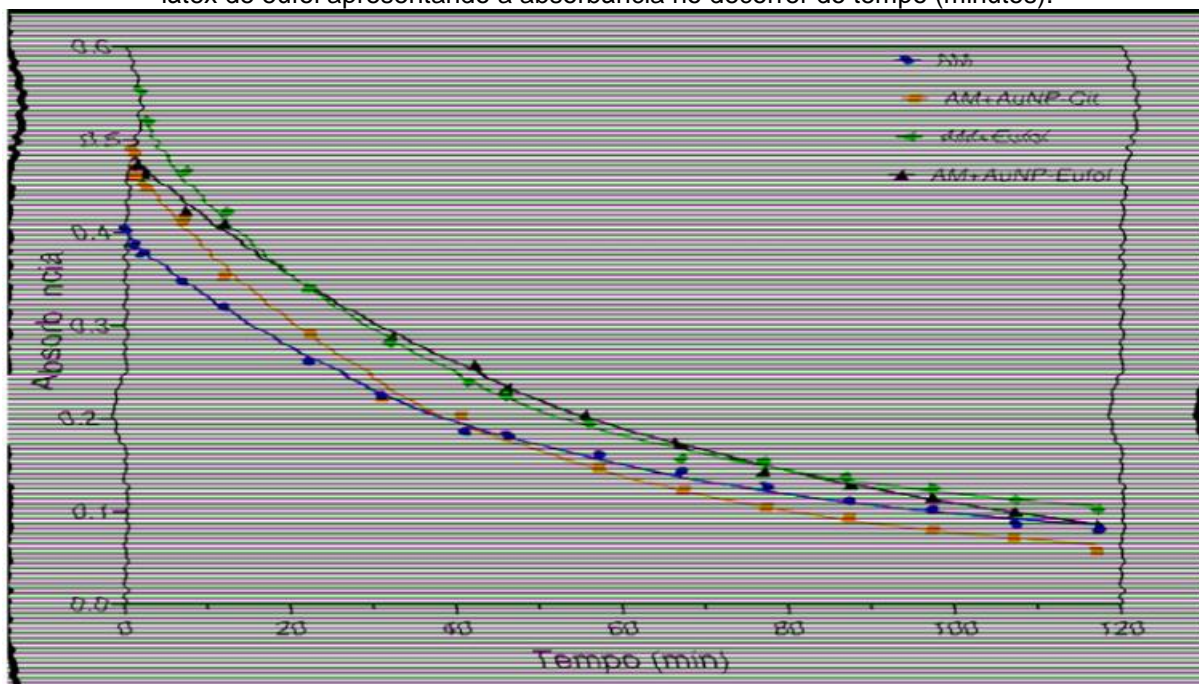
$$\eta\% = (1 - 0,101756 / 0,567278) \times 100 = 82,06\% \text{ para } \mathbf{AM + Eufol} \text{ por } 120 \text{ min.}$$

$$\eta\% = (1 - 0,080104 / 0,412735) \times 100 = 80,59\% \text{ para } \mathbf{Azul de Metileno} \text{ por } 120 \text{ min.}$$

Esta análise mostrou que a presença do látex de eufol nas nanopartículas de ouro, promovem um ganho no processo de fotodegradação do AM. Efeito similar foi observado por Singh et al. quando realizou a síntese verde de AuNPs com o extrato da planta *Cassytha filiformis* obtendo 87% durante 20 minutos de irradiação.

Na Figura 13, é mostrada a variação da absorbância das amostras no comprimento de onda de 664 nm ao longo do intervalo de tempo de 120 minutos. A partir deste gráfico foi possível calcular as constantes de velocidade de fotodegradação do AM na presença das AuNPs.

Figura 13. Fotodegradação do corante azul de metileno na presença das nanopartículas de ouro com látex de eufol apresentando a absorbância no decorrer do tempo (minutos).



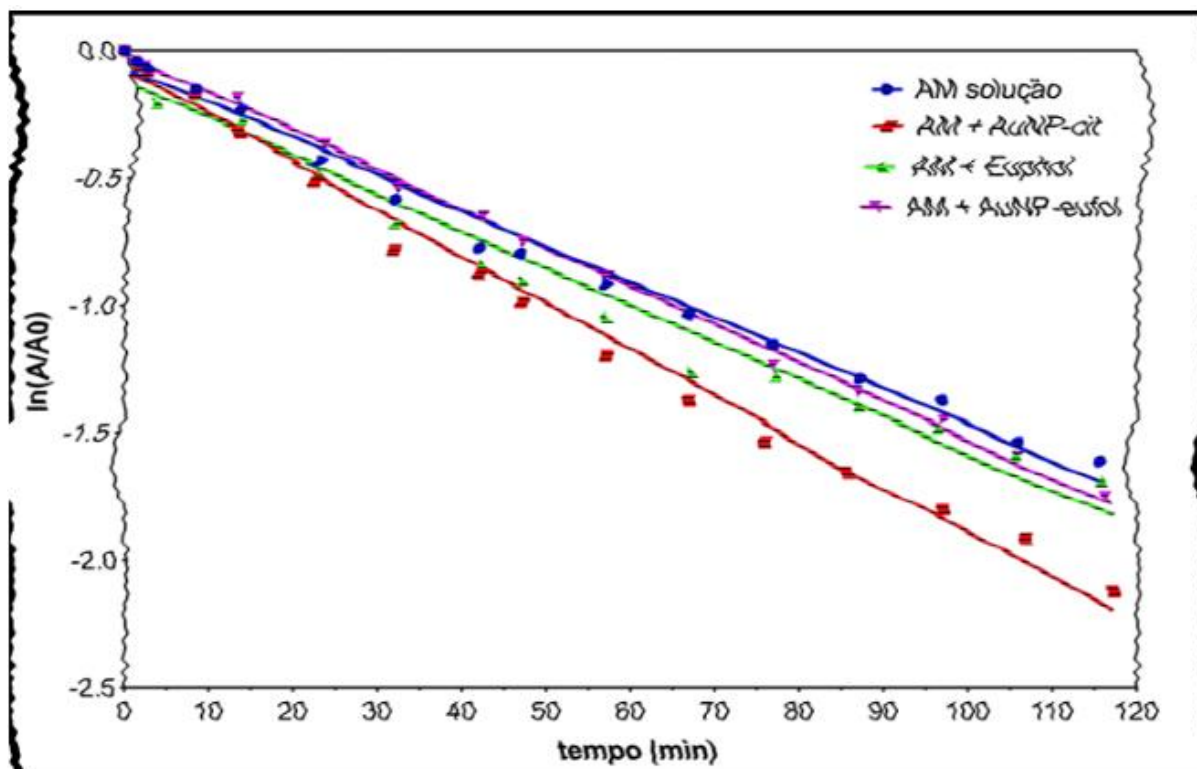
Fonte: Próprio autor, 2022.

A ação fotocatalítica das AuNPs foi avaliada a partir da equação da reta proveniente da Figura 14, a qual foi obtida da linearização dos dados da Figura 13, onde foi acompanhada a absorbância em função do tempo após a incidência de luz. O processo de fotodegradação segue um modelo cinético de primeira ordem, cujos parâmetros se encontram listados na Tabela 4.

$$\ln[A] = \ln[A]_0 - kt$$

$$\frac{\ln [A]}{\ln[A]_0} = -kt$$

Figura 14. Ação fotocatalítica das AuNPs avaliada com o modelo matemático de primeira ordem.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Tabela 4. Parâmetros do modelo cinético de primeira ordem.

Parâmetros	Solução AM	AM + Eufol	AM + AuNP-Cit	AM + AuNP-Eufol
Inclinação	$-1,4 \times 10^{-2}$	$-1,4 \times 10^{-2}$	$-1,8 \times 10^{-2}$	$-1,5 \times 10^{-2}$
Intercepto	-0,08451	-0,1417	-0,09387	0,03466
Coef. Cor.	0,9893	0,9762	0,9915	0,9983
Equação	$\ln[A]=0,0845+1,4 \times 10^{-2}$	$\ln[A]=0,1417+1,4 \times 10^{-2}$	$\ln[A]=0,0939+1,8 \times 10^{-2}$	$\ln[A]=0,0347+1,5 \times 10^{-2}$

Fonte: Próprio autor, 2022.

Numa reação de primeira ordem, a velocidade de reação depende somente da concentração de um dos reagentes (ANGELUCCI, 2009). Com isso podemos concluir que somente um dos reagentes participa do passo limitante. Foi observado através da constante de velocidade (k), que a presença de aditivos como as nanopartículas

de ouro e o látex de Eufol não afetaram significativamente a degradação do sistema modelo empregado, neste caso o azul de metileno. As constantes de velocidade calculadas foram respectivamente: $k_{\text{AuNP-Cit}} = 1,8 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1} > k_{\text{AuNP-Eufol}} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1} > k_{\text{Eufol}} = 1,4 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1} > k_{\text{AM}} = 1,4 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$.

6. CONCLUSÃO

A síntese de nanopartículas de ouro com citrato de sódio ou látex de eufol assistida por micro-ondas foi eficiente, rápida e reprodutiva. Comparativamente a síntese realizada com aquecimento demonstrou que o citrato de sódio produziu NPs menores e mais estáveis, quando comparadas com a AuNPs-Eufol usando a técnica de Dinamic Light Scattering (DLS) que é o espalhamento dinâmico de luz, ou, a dispersão da luz através do sistema capaz de definir a dinâmica de processos microestruturais (FALKE, 2019). A técnica de FTIR foi eficaz em determinar qualitativamente a ação do eufol nas AuNPs.

Já a técnica de espectrofotometria na região do UV-Visível foi eficaz na determinação da eficiência da fotocatalise do azul de metileno quando o mesmo se encontra na presença de AuNPs. Foi observado através da constante de velocidade (k), que a presença de aditivos como as nanopartículas de ouro e o látex de Eufol não afetaram significativamente a velocidade de degradação do sistema modelo empregado, neste caso o azul de metileno. As constantes de velocidade calculadas foram respectivamente: $k_{\text{AuNP-Cit}} = 1,8 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1} > k_{\text{AuNP-Eufol}} = 1,5 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1} > k_{\text{Eufol}} = 1,4 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1} > k_{\text{AM}} = 1,4 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$.

Apesar da constante de velocidade de fotodegradação do AM na presença das nanopartículas de ouro não terem sido influenciada, a eficiência de fotodegradação foi maior para as AuNP-Cit quando comparada com AuNP-Eufol.

Desta forma, o sistema AuNPs mostrou ser promissor em remover o corante AM com maior eficiência quando comparado ao eufol puro ou sem aditivos.

7. PERSPECTIVAS FUTURAS

- Reduzir as dimensões das AuNPs-EufoI produzidas;
- Realizar a purificação das AuNPs produzidas;
- Otimizar a produção das AuNPs com adição de agentes estabilizadores;
- Realizar ensaios de citotoxicidade para avaliar biocompatibilidade das AuNPs produzidas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, K. B.A. et al. Preparation of gold nanoparticles using Salicornia brachiata plant extract and evaluation of catalytic and antibacterial activity, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. V.130,2014, P. 54-58, ISSN 1386-1425. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.03.070>. > Acesso em 20/09/2021

ANGELUCCI, C. A., GODOI, G. S. Cinética química. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2009. Disponível em: <https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/11400916022012Cinetica_Quimica_Aula_1.pdf>

ASSIS, L. M. et al. Características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 15, n. 2, p. 99 – 109, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bjft/v15n2/aop_0711.pdf. > Acesso em: 19/08/2021.

CAMPOS, W. N. D. S. et al. Síntese e caracterização de nanopartículas de ouro conjugadas com curcumina e seus efeitos na osteoartrite experimental induzida. Ciência Rural, v. 47, 2017. ISSN 0103-8478. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782017000700607&nrm=iso>. Acesso em: 20/08/2021

COSTA, O. A., LUNARDI, N. C., GOMES, J. A. ,Kinetic Evaluation of Anti-tumor Chlorambucil Release from O-stearoyl Mannose PLGA Nanoparticles. Current

Nanomedicine, v. 10, n. 1, p. 63-75, 2020, ISSN 468-1873/2468-1881. Disponível em: <<https://doi.org/10.2174/2468187309666190823153341>> Acesso em: 17/01/2022

CUI, H. et al. Synthesis, characterization, and electrochemiluminescence of luminol-reduced gold nanoparticles and their application in a hydrogen peroxide sensor. Chemistry, v. 13, n. 24, p. 6975-84, 2007. ISSN 0947-6539 (Print) 0947-6539 (Linking). Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17539034>>. Acesso em: 22/08/2021

DREADEN, E. C. et al. Tamoxifen-Poly (ethylene glycol) -Thiol Gold Nanoparticle Conjugates: Enhanced Potency and Selective Delivery for Breast Cancer Treatment. Bioconjugate Chemistry, v. 20, n. 12, p. 2247-2253, 2009. ISSN 1043-1802. Disponível em: < <https://doi.org/10.1021/bc9002212>>. Acesso em: 22/08/2021

FALKE, S., BETZEL, C. Dynamic Light Scattering (DLS). In: Pereira, A., Tavares, P., Limão-Vieira, P. (eds) Radiation in Bioanalysis. Bioanalysis, v 8. Springer, 2019. Disponível em: < https://doi.org/10.1007/978-3-030-28247-9_6>

FEYNMAN, R.P. There's plenty of room at the bottom. 1959. Resonance, v. 16, n. 890, 2011. ISSN 0973-712X. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12045-011-0109-x>>. Acesso em: 21/03/2022

GURUNATHAN, S. et al. A green chemistry approach for synthesizing biocompatible gold nanoparticles. Nanoscale Research Letters, v. 9, n. 1, p. 248, 2014. ISSN 1556-276X. Disponível em:<<https://doi.org/10.1186/1556-276X-9-248>>. Acesso em: 17/08/2021

HARRISON, E. et al. A comparison of gold nanoparticle surface co-functionalization approaches using Polyethylene Glycol (PEG) and the effect on stability, non-specific protein adsorption and internalization. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl, v. 62, p. 710-8, maio 2016. ISSN 1873-0191 (Electronic) 0928-4931 (Linking). Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26952476> >. Acesso em: 21/08/2021

HUANG, X. et al. Gold nanoparticles: interesting optical properties and recent applications in cancer diagnostics and therapy. *Nanomedicine*, v. 2, n. 5, p. 681-693, 2007. Disponível em:

<<https://www.futuremedicine.com/doi/abs/10.2217/17435889.2.5.681>>

Acesso em: 27/08/2021

JAQUE, D. et al. Nanoparticles for photothermal therapies. *Nanoscale*, v. 6, n. 16, p. 9494-530, Aug 21 2014. ISSN 2040-3372 (Electronic) 2040-3364 (Linking). Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25030381>>. Acesso em: 17/08/2021

KAHRILAS G.A., et al. Investigation of antibacterial activity by silver nanoparticles prepared by microwave-assisted green syntheses with soluble starch, dextrose, and arabinose. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, volume 2, issue 4 (2014) :590–598. <<https://doi.org/10.1021/sc400487x>>

KHAN, A. U. et al. Ultra efficient photocatalytic deprivation of methylene blue and biological activities of biogenic silver nanoparticles. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. V. 159, 2016 , P. 49-58. ISSN 1011-1344. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.03.017>. > Acesso em: 18/09/2021

KIMLING J., et al. (2006) Turkevich method for gold nanoparticle synthesis revisited. *J Phys Chem B* 110(32):15700–15707. < <https://doi.org/10.1021/jp061667w> >

LIBERATTI, VANESSA ROCHA ET AL. Methylene blue photocatalysis in the presence of bismuth oxide under UV and solar light irradiation. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 35, n. 1, p. 55-62, 2014. Disponível em:<<https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/view/14213>>.

Acesso em 17/08/2021.

LIU, H. et al. Size-selective electrodeposition of meso-scale metal particles: a general method. *Electrochimica Acta*, v. 47, n. 5, p. 671-677, 2001. ISSN 0013-4686. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013468601007472>. >

Acesso em: 23/08/2021

LUNARDI, C. N.; BARROS, M. P. F.; RODRIGUES, M. L.; et al. Synthesis of gold nanoparticles using *Euphorbia tirucalli* latex and the microwave method. Gold Bulletin n.51, p.131–137, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13404-018-0231-6>>. Acesso em 17/08/2021.

LUNARDI, C. N.; SUBRINHO, F. L.; BARROS, M. P. F.; et al. Bibliometric Analysis: Nanotechnology and COVID-19. Current Topics in Medicinal Chemistry. n.22 ISSN: 1873-4294 <<https://doi.org/10.2174/1568026622666220307125446>>

MALI, P.Y.PANCHAL, S. S. *Euphorbia tirucalli* L.: Review on morphology, medicinal uses, phytochemistry and pharmacological activities, Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine (2017). Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.06.002>>

MALISZEWSKA, I., JURASZEK, A. & BIELSKA, K. Green Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using Ascomycota Fungi *Penicillium nalgiovense* AJ12. J Clust Sci 25, 989–1004 (2014). Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10876-013-0683-z>>

MELO JR., MAURÍCIO ALVES, et al. Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino. Química Nova [online]. 2012, v. 35, n. 9, pp. 1872-1878. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000900030>>. Acesso em 21 de março de 2022

MING-WEI Lin, et al. Euphol from *Euphorbia tirucalli* selectively inhibits human gastric cancer cell growth through the induction of ERK1/2-mediated apoptosis, Food and Chemical Toxicology, v. 50, n. 12, 2012, p.4333-4339, ISSN 0278-6915, Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.05.029>>

MISHRA PR, Al Shaal L, Müller RH, Keck CM. Production and characterization of Hesperetin nanosuspensions for dermal delivery. Int J Pharm. 2009 Apr 17;371(1-2):182-9. Doi: 10.1016/j.ijpharm.2008.12.030. Epub 2008 Dec 31. PMID: 19162147.

NUNES, D. et al. Metal oxide nanostructures: Synthesis, Properties and applications. Elsevier, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128115121000011>>. Acesso em: 17/08/2021.

OLIVEIRA, B. M.; COIMBRA, C. C. B. E. Euphorbia Tirucalli: Complementary Treatment Of Cancer. Revista UNINGÁ, v.20, n.3, p.60-64 (Out - Dez 2014) ISSN 2178-2571.

OLIVEIRA, D.; SHINOHARA, J. D.; TOMA, H. E. Gold Nanoparticle Conjugation with Microtubules for Nanobio Structure Formation. Journal of Bionanoscience, v. 12, n. 2, p. 271-277, // 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.1166/jbns.2018.1521> >. Acesso em: 29/08/2021

PEI, R. et al. Amplification of antigen–antibody interactions based on biotin labeled protein–streptavidin network complex using impedance spectroscopy. Biosensors and Bioelectronics, v. 16, n. 6, p. 355-361, 2001. ISSN 0956-5663. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956566301001506>>. Acesso em: 28/08/2021

RAJESHKUMAR, S. et al. Seaweed-mediated synthesis of gold nanoparticles using Turbinaria conoides and its characterization. Journal of Nanostructure in Chemistry, v. 3, n. 1, p. 44, 2013. ISSN 2193-8865. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/2193-8865-3-44>>. Acesso em: 03/09/2021

SANTOS, D. H.; BEGOÑA, G.-G. M.; COSTA, G. A. Metal-Nanoparticles Based Electroanalysis. Electroanalysis, v. 14, n. 18, p. 1225-1235, 2002. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1521-4109%28200210%2914%3A18%3C1225%3A%3AAID-ELAN1225%3E3.0.CO%3B2-Z>>. Acesso em: 19/08/2021

SINGH, R. K., Behera, S. S., Singh, K. R., Mishra, S., Panigrahi, B., Sahoo, T. R. & Mandal, D. (2020). Biosynthesized gold nanoparticles as photocatalysts for selective

degradation of cationic dye and their antimicrobial activity. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 400, 112704.

SOUZA, C. R.; OLIVEIRA, H. R.; PINHEIRO, W. M.; BISWARO, LUBHANDWA S.; AZEVEDO, RICARDO B.; Gomes, Anderson J.; Lunardi, Claire N. Gold nanoparticle and berberine entrapped into hydrogel matrix as drug delivery System. Journal Of Biomaterials And Nanobiotechnology, v. 06, p. 53-63, 2015.

TABASSUM N., HAMDANI M. Plants used to treat skin diseases. Phcog Rev 2014; 8:52- 60. Disponível em: <<https://www.readcube.com/articles/10.4103/0973-7847.125531?preview=1&url=https%3A%2F%2F>>. Acesso em: 20/08/2021

VERISSIMO, T. V. et al. In vitro cytotoxicity and phototoxicity of surface-modified gold nanoparticles associated with neutral red as a potential drug delivery system in phototherapy. Materials Science and Engineering: C, v. 65, p. 199-204, 2016. ISSN 0928-4931. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928493116303265>>. Acesso em: 19/08/2021

XU, X. et al. Fabrication of Gold Nanoparticles by Laser Ablation in Liquid and Their Application for Simultaneous Electrochemical Detection of Cd²⁺, Pb²⁺, Cu²⁺, Hg²⁺. ACS Applied Materials & Interfaces, v. 6, n. 1, p. 65-71,2014. ISSN 1944-8244. Disponível em: < <https://doi.org/10.1021/am404816e>>. Acesso em: 02/09/2021

9. APÊNDICE



Ministério do Meio Ambiente
CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO
SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO

Comprovante de Cadastro de Acesso

Cadastro nº AA980BC

A atividade de acesso ao Conhecimento Tradicional Associado, nos termos abaixo resumida, foi cadastrada no SisGen, em atendimento ao previsto na Lei nº 13.123/2015 e seus regulamentos.

Número do cadastro: **AA980BC**
Usuário: **Universidade de Brasília**
CPF/CNPJ: **00.038.174/0001-43**
Objeto do Acesso: **Conhecimento Tradicional Associado**
Finalidade do Acesso: **Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico**

Espécie

latex

Fonte do CTA

CTA de origem não identificável

Título da Atividade: **Uso de latex de euphorbia tirucalli na produção de nanopartículas metálicas e poliméricas**

Equipe

Anderson de Jesus Gomes	UnB
Mirella Paula de Freitas Barros	UnB
Marina Lima Rodrigues	UnB

Resultados Obtidos

Divulgação de resultados em meios científicos ou de comunicação

