



MARIANA BARBOZA DA SILVA
SILVIA HELENA CARDOSO

CORANTES NATURAIS

na interface da Química com a Arte.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM
QUÍMICA - PROFQUI**



MARIANA BARBOZA DA SILVA
Orientadora: Profa. Dra. Sílvia Helena Cardoso

**CADERNO TEMÁTICO
CORANTES NATURAIS NA INTERFACE DA QUÍMICA COM A ARTE**

**MACEIÓ-AL
2022**

APRESENTAÇÃO

O caderno temático “Corantes Naturais na Interface da Química com a Arte” é um produto educacional elaborado durante a minha dissertação de mestrado no PROFQUI-UFAL, e traz algumas possibilidades de abordagem dessa temática com alunos da educação básica. Além disso, o caderno foi criado com objetivo de contribuir com as práticas pedagógicas dos professores de química, apresentando e unindo conhecimentos científicos, históricos, culturais, curiosidades e propostas de atividades experimentais com vistas a um aprendizado mais contextualizado, dinâmico, motivador e interdisciplinar, sendo estes aspectos essenciais durante o processo de desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes.

O caderno temático está organizado em 5 sessões. Na primeira sessão, mostraremos como os corantes e pigmentos naturais foram usados pelos povos ao longo do tempo na expressão de sua identidade artístico-cultural. Na segunda sessão, abordaremos as cores e buscaremos refletir como nós seres humanos identificamos a presença das cores nos mais distintos objetos. Na terceira sessão, traremos a definição de pigmentos e corantes e suas subdivisões. Na quarta sessão, apresentaremos algumas classes de compostos químicos que são usadas como corantes naturais para as mais diversas finalidades, porém restringiremos nossa abordagem a compostos orgânicos e que podem ser facilmente encontrados em nosso dia a dia em frutas, verduras e flores. Por fim, traremos 3 sugestões de atividades que poderão ser desenvolvidas e adaptadas para uso em sala de aula pelo professor.

A iniciativa teve origem na necessidade de reformulação dos currículos escolares básicos, em especial nas áreas de ciências e suas tecnologias, a partir da implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que está em concordância com a Lei de Diretrizes e Bases (LDB), que determina que os conteúdos em todas as etapas da educação básica, devem visar “o pleno desenvolvimento do educando, permitindo-lhe ampliar sua capacidade de tomar melhores decisões, e de agir em conformidade com seus deveres como cidadão” (BRASIL, 1996; BRASIL, 2017).

Nesse contexto, é essencial disponibilizar novos materiais didáticos para o professor, um elemento chave do processo de ensino-aprendizagem nas escolas. Os materiais didáticos são aportes que auxiliam, orientam e incentivam as práticas pedagógicas, de forma a intermediar a aquisição e construção dos conhecimentos entre docente e o aluno (BORDINHÃO e SILVA, 2015). Assim, foi com esta finalidade, que este produto educacional foi concebido.

Esperamos que o professor, ao adotar as orientações propostas pelo caderno temático, consiga mostrar a importância do histórico sociocultural, trazidos pelas manifestações artísticas dos povos para a construção do conhecimento científico. Saberes esses adquiridos ao longo de muitos anos e que fundamentaram a construção da nossa identidade. Com uma abordagem mais ampla dos temas científicos, almeja-se que esse produto sirva de mediador da compreensão dos alunos em relação ao mundo à sua volta.

Esperamos ainda que o caderno seja bem aproveitado pelos professores de Química e que estes sejam incentivados a aumentar os seus esforços para a ampliação de uma aprendizagem mais contextualizada e de impacto real.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pintura rupestre cromática nas paredes na Caverna de Altamira (Espanha).....	10
Figura 2 – Pintura rupestre Cavalos e animas de grande porte nas paredes da Caverna de Lascaux (França).....	10
Figura 3 – Pintura rupestre Ascena de Caga, Kakadu, Austrália.	12
Figura 4 – Pintura rupestre Cueva de Las Manos, Patagônia-Argentina.....	12
Figura 5 – Rupestre no Parque Nacional da Serra da Capivara.....	12
Figura 6 - Representação de figura rupestre no Parque Nacional da Serra da Capivara.	12
Figura 7 – Pintura negra em fundo claro.	14
Figura 8 – Pintura com cor vermelha em fundo preto.....	14
Figura 9 – Pintura Afresco na Vila dos Mistérios, em Pompéia.....	15
Figura 10 – Detalhe do afresco na Vila dos Mistérios, em Pompéia.....	15
Figura 11 – A cor azul na representação do manto de Maria na obra Madona do Peixe de Rafael Sanzio.....	17
Figura 12- Imagem dos afrescos (1303-1305) de Giotto na Cappella degli Scrovegni, em Pádua.....	17
Figura 13- Pintura do teto da Capela Sistina pintada por Michelangelo.....	18
Figura 14- Pintura “a criação do homem” no centro do teto da Capela Sistina.....	18
Figura 15– Mona lisa (conhecida como Gioconda) pintada entre os anos 1503 e 1506....	19
Figura 16 – Ginevra de' Benci pintada entre 1474 e 1476, retratava uma jovem aristocrata de Florença).....	19
Figura 17 – Pintura de Claude Monet, impressão nascer do sol (1872).....	20
Figura 18 – Girl in a Chemise, 1905.....	21
Figura 19 – Les Demoiselles d `Avignon, 1907.....	21
Figura 20 – Obra de Picasso pintada com tinta sintética.....	22
Figura 21 – Indígena da etnia Tuyuka da Aldeia Utapinozona com pintura corporal.	24
Figura 22 – Pintura corporal Kuarupó indígena da aldeia e etnia Kuikuro.....	24
Figura 23 – Jovens Apinajé, pintados e ornamentados para dia de festa.	25
Figura 24 – Cerâmicas Baniwa (esquerda) e cerâmicas Tukano (direita).....	25
Figura 25– Espectro de Luz visível com subdivisão (de acordo com o comprimento de ondas).....	28
Figura 26– Percepção dos comprimentos de onda da luz branca pelos olhos.....	29
Figura 27 – O corpo ou objeto é enxergado com uma determinada cor em virtude da reflexão ou da absorção de luz.....	29
Figura 28 – Disco de Newton.....	30
Figura 29 – Imagem da dispersão da luz branca em um prisma.....	31
Figura 30 – Mistura de Cores RGB).....	32
Figura 31 – Ilustração da anatomia de um olho humano.....	33
Figura 32 – Exemplos de corantes extraídos de fontes naturais.....	37
Figura 33 – Fontes de extratos dos corantes naturais ricos em carotenóides.....	38
Figura 34 – Estrutura dos principais carotenos e xantinas.	39
Figura 35 – Beterraba como exemplo de betacianina.....	41
Figura 36 – Estrutura química das betalainas.....	41
Figura 37– A estrutura química da betacianinas.....	42
Figura 38 – A estrutura química da betaxantinas.	42
Figura 39– Fruto jenipapo.....	43

Figura 40– Arte Maloca dos Apiaká no rio Arinos, de Hercules Florence (abril, 1828), representa os índios pintados com jenipapo (genipina) e urucum (bixina).	43
Figura 41 – Estrutura dos iridóides geniposídeo (1), genipina (2) e esquema de formação da cor preta no processo de pintura ou tatuagem da pele (3)	44
Figura 42 – Imagens do tronco da árvore pau-brasil.	45
Figura 43 – Estrutura química da brazilina e da brasileína.....	46
Figura 44 – Produtos do cotidiano, fontes de antocianinas.	47
Figura 45 – Estrutura genérica das antocianinas.....	48
Figura 46 – Grupos de radicais e substituintes que podem constituir a antocianinas.	48
Figura 47 – Transformações estruturais das antocianinas em mudança de pH.....	49
Figura 48 – Indicador ácido-base a partir do repolho roxo.....	50
Figura 49 – Frutos maduros do jamelão.....	53
Figura 50 – Paleta de cores utilizando os reagentes do cotidiano com indicador extraído com água.....	55
Figura 51 – Paleta de cores utilizando os reagentes do cotidiano com indicador extraído da mistura de água-etanol 50:50 (v/v)	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. QUÍMICA NA INTERFACE COM A ARTE	9
2.1 Arte rupestre	9
2.2 As cores e a pintura nas Artes Grega e Romana	13
2.3 As Cores das Pinturas no Renascimento	16
2.4 As cores na Arte Impressionista e Modernista	19
2.5 As Cores como manifestação da identidade cultural indígena.....	23
3. O QUE É A LUZ? COMO O OLHO HUMANO OBSERVA AS CORES?	27
3.1 A luz e as cores	27
3.2 A Visão.....	32
4. PIGMENTOS E CORANTES	34
5. A QUÍMICA E OS CORANTES NATURAIS	37
5.1 Carotenóides	37
5.2 Betalaínas	40
5.3 Genipina	42
5.4 Pau-brasil e a Brasileína	44
5.5 Flavonóides e Antocianinas	47
6. PROPOSTAS DE ATIVIDADES PRÁTICAS PARA SEREM TRABALHADAS EM SALA DE AULA	52
6.1 Atividade 1: construção da paleta de cores usando extrato de jamelão (Brinco de Viúva).....	52
6.2 Atividade 2: produção de tintas a partir de Corantes Naturais em Sala de Aula	55
6.3 Atividade 3: Quimiarte – Pintando o 7 na escola com corantes naturais (exposição de pinturas)	56
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICES	71
ANEXOS	77

1. INTRODUÇÃO

A escola tem como objetivo acompanhar as modificações da sociedade e no empenho para atingir essa finalidade, é primordial que a aprendizagem possibilite ao aluno intervir no contexto no qual ele está inserido (BRASIL, 2017). Diante dessa perspectiva, o ensino deve ser abordado de forma que consiga integrar várias áreas do conhecimento em um ambiente onde os estudantes possam ser autores criativos e ativos de sua aprendizagem. Tendo em vista os desafios e as decisões que o professor precisará enfrentar diante das mudanças trazidas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), este caderno temático foi elaborado para servir de instrumento colaborativo, almejando atuar na ampliação da visão de mundo dos estudantes através da abordagem da temática dos corantes na interface com a arte.

Por intermédio do documento normativo BNCC (BRASIL, 2017) e da Lei de Diretrizes e Base da Educação (LDB, 1996), que contêm os conteúdos obrigatórios e os princípios e a serem desenvolvidos em todas as etapas e modalidades da educação básica no Brasil, e da perspectiva de que cabe aos profissionais da educação e as instituições de ensino a construção de um conjunto de atividades que equacione os conceitos de cada área do conhecimento, a partir das diferentes perspectivas previstas nesses documentos para cada componente curricular, os educadores são encorajados a estudar o contexto escolar no qual os seus discentes estão inseridos e, por meio dessa observação, adequar o ensino de química de forma a integrar outros saberes e proporcionar uma assistência as necessidades investigativas de cada componente.

Dessa forma, é importante destacar o papel dos materiais didáticos como elementos-chave para orientar as novas práticas curriculares a serem desenvolvidas pelos professores de química na escola. Segundo Freitas (2009, p.21), material didático (MD) pode ser definido como “todo e qualquer recurso utilizado em um procedimento de ensino visando à estimulação do aluno e a sua aproximação do conteúdo”. Borges (2012) menciona termos como material de ensino, recursos ou meios de ensino, recursos didáticos, material ou recurso pedagógico para nomear ou conceituar material didático.

Os materiais didáticos devem proporcionar uma mediação entre a teoria e a prática, já que existem temas e conceitos que são pouco explorados ou não estão presentes em livros didáticos (LD). Além disso, apresentam grande relevância interdisciplinar e, sendo assim, muitos professores recorrem aos materiais didáticos que assessoram e dinamizam a exploração de várias temáticas ao desenvolvimento intelectual dos educandos (MELO, 2020).

O material didático pode minimizar as lacunas educacionais existentes e oportunizar a dinamização e autonomia do professor, oferecendo segurança na preparação da sua prática pedagógica e, nesse contexto, também oferecer orientações na realização de atividades e na abordagem de temas pedagógicos que podem auxiliar a sobrepujar os obstáculos encontrados em sala de aula. A construção de recursos voltados para as práticas pedagógicas do docente pode complementar ou até mesmo estimular a criação de novas ideias educacionais que promovam a compreensão dos conceitos científicos e possam acabar com alguns dos entraves de aprendizagem observados (OLIVEIRA, 2020).

Diante do contexto apresentado, este caderno temático poderá servir de ferramenta para promover a interdisciplinaridade entre os conhecimentos específicos da química em associação com saberes das áreas de física, biologia, história e arte. A integração disciplinar não é uma tarefa fácil, por essa razão, este material foi desenvolvido com o objetivo de oferecer suporte para o professor apresentar ao aluno uma nova leitura do processo de aprendizagem.

Visando alcançar o objetivo de produzir um material educacional que apresente uma abordagem contextualizada e interdisciplinar, de forma que o aluno compreenda as interações entre ciência, tecnologia e sociedade, desenvolva a capacidade de resolver problemas e tomar decisões como cidadão, este caderno é iniciado apresentando uma situação-problema que busca induzir o aluno a articular suas ideias e desenvolver argumentos, questionar sobre os usos e impactos da ciência em seu cotidiano, bem como fazer questionamentos que possibilitem ao aluno relacionar conhecimentos prévios e novos, científico e escolar, para responder ao questionamento da situação colocada e transpor o obstáculo proposto pela situação-problema.

Dentro desse contexto, é apresentada uma situação que originou duas questões para os alunos discutirem e buscarem informações para respondê-los ou buscar hipóteses.

Situação: A produção e utilização de corantes naturais é realizada há vários anos, por diferentes indivíduos históricos que executavam técnicas de tratamento tanto de compostos orgânicos, quanto inorgânicos, como raízes, folhas, frutos, minérios e resíduos de animais e vegetais. Estes compostos podem ser extraídos, transformados em pó e em seguida misturados como aglutinantes, como óleo, para fixação do pigmento na superfície do material aplicado.

Questão 1: Tendo conhecimento das propriedades físico-química do composto que compõe um fruto, como você iria proceder para extrair o corante de um fruto da sua região?

Questão 2: Quais os compostos que compõem os principais corantes naturais utilizados na pré-história? E como saber identificar o tipo e a função química do composto?

2. QUÍMICA NA INTERFACE COM A ARTE

É possível observar que ao longo do tempo a manifestação de identidade dos diversos povos está intimamente ligada às artes. Foi através das artes, em especial da pintura, que os seres humanos de todo o planeta fizeram os mais diversos tipos de registros do seu modo de vida, seus costumes, suas crenças e sua forma de ver o mundo. Nesse contexto, as cores e os materiais que as compõem manifestam-se, na pintura, como ferramentas de expressão desta identidade sociocultural e trazem consigo parte do conhecimento científico adquirido pelo homem em uma determinada época da história. Assim, buscando abordar de forma interdisciplinar a temática que envolve a química e as artes, será apresentado a seguir um breve levantamento da importância das cores e dos corantes para os sujeitos históricos e, partindo dessa premissa, serão explorados as pinturas rupestres, gregas, romanas, renascentistas, impressionistas e modernistas. A intenção não é se aprofundar no assunto, mas trazer elementos que conectem a temática das artes aos conhecimentos de química. Por fim, lançaremos foco sobre as manifestações artísticas e culturais (pintura) dos povos nativos brasileiros que colaboram para a formação da identidade étnica do Brasil, explorando o papel das cores e dos produtos naturais para a arte indígena e suas manifestações socioculturais.

2.1 Arte rupestre

Os primeiros registros artísticos manifestados pelo homem foram criados durante a pré-história e são chamados de arte rupestre. A palavra rupestre tem origem no latim *ars rupes* que significa “arte sobre rocha”. A arte rupestre manifesta-se sob a forma de um registro de imagens que foram gravadas ou pintadas em suportes rochosos, cavernas, abrigos, pedras, paredões, grutas e mesmo ao ar livre (GASPAR, 2006).

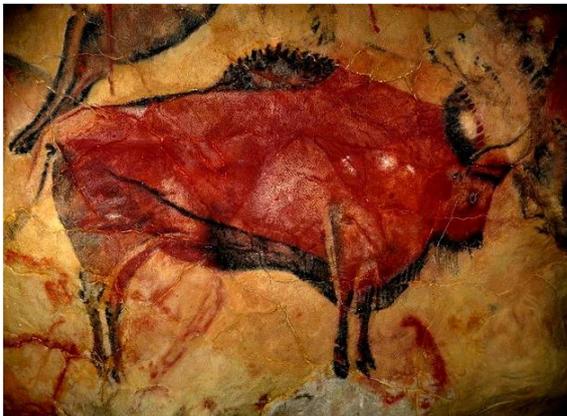
Inicialmente, as cores usadas para pintar as superfícies rochosas eram nas cores marrom, preto, vermelho e amarelo. Essas cores eram obtidas a partir de compostos químicos presentes em minérios de hematita, um óxido de ferro, cuja fórmula é Fe_2O_3 , de coloração avermelhada e contido em certos tipos de terra ou rocha. Os pigmentos a base de óxidos de ferro (goethita) podiam ainda apresentar coloração amarelada em razão de sua hidratação (FARIAS FILHO, 2023). Esses minerais eram triturados e misturados com vegetais para fornecer diferentes tonalidades de cores. Durante o período pré-histórico também eram utilizados o sangue de animais e carvão vegetal (produto da queima da madeira) ou carvão

animal (produto da queima de ossos de animais) como pigmentos para pintar as imagens encontradas na arte rupestre (GASPAR, 2006; TEIXEIRA *et al.*, 2009).

As técnicas utilizadas para a realização das pinturas rupestres tinham como instrumentos os dedos ou algumas ferramentas primitivas (cerdas, varas, penas ou pelos de animal), em seguida aplicava-se banha (gordura animal) para se fazer a fixação do pigmento (desenho) à parede rochosa.

Considerando a importância deste tipo de arte para os registros dos povos no planeta, pode ser destacado um dos primeiros lugares no mundo onde se identificou a existência da arte rupestre policrômica, a Caverna de Altamira (Santillana del Mar) na Espanha (Figura 1). Essa caverna abriga um dos conjuntos pictóricos mais importantes da Arte na Pré-História, que datam de 14.500 a 12.000 a.C. Outro exemplo, é o complexo de Cavernas de Lascaux, na França (Figura 2), descoberto durante a 2ª guerra mundial (1940). Nessas cavernas foram encontrados registros de pinturas rupestres que datam de 18.000 anos a.C., artefatos, restos de alimentação e instrumentos de trabalhos primitivos.

Figura 1 - Pintura rupestre policrômica nas paredes na Caverna de Altamira (Espanha)



Fonte: Aidar (2022)

Figura 2 - Pintura rupestre Cavalos e animais de grande porte nas paredes da Caverna de Lascaux (França)

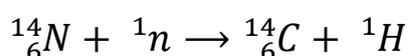


Fonte: Higa (2022)

A análise das evidências encontradas pelo método de datação por carbono-14 foi fundamental para determinar o período exato de produção dessas pinturas rupestre e dos artefatos, bem como os tipos e as propriedades químicas dos pigmentos e dos materiais orgânicos como resíduos de fogueiras encontrados em Lascaux (GASPAR, 2006; FERNANDES, 2019). Além disso, foi possível situar e mostrar, de alguma forma, a evolução do conhecimento humano acerca da composição dos materiais ao longo dos tempos.

A determinação do período temporal e a originalidade de uma pintura só é possível quando é empregada a técnica de datação por carbono-14. A datação por carbono-14, também

denominada de datação por radiocarbono (^{14}C), é uma técnica capaz de realizar os estudos de vestígios de material orgânico através das propriedades químicas de um dos isótopos do carbono, o carbono de massa atômica 14 ($A=14$). O carbono é encontrado na natureza em três formas isotópicas, o carbono 12 ($A=12$), a forma mais abundante e estável na terra (~99%); o carbono 13 ($A=13$) que é estável, porém de abundância reduzida (< 1%) e, por fim, o carbono 14, que é instável e radioativo, existindo em quantidade reduzida e residual. O processo de decaimento do carbono -14 é lento a partir da morte de um organismo vivo e ocorre pela emissão de radiação β , com tempo de meia-vida de 5.730 anos. Segundo Farias (2002), a renovação constante do carbono 14 em nosso planeta ocorre de acordo com a equação química a seguir:



Atualmente, utiliza-se um espectrômetro de massas para realizar esta análise de datação. A ciência em parceria com a tecnologia tem agilizado e aprimorado os estudos acerca do tempo e das confecções de pinturas rupestres e outros artefatos arqueológicos.

No curso da história, o homem primitivo também deixou sua marca em regiões de diversos continentes do planeta, exceto na Antártica. A identidade desses registros e o fato de estar disponível em várias partes do mundo classifica a arte rupestre como um patrimônio da humanidade.

As pinturas rupestres encontradas no Parque Nacional da Austrália datam de mais de 20.000 a.C. e foram feitas por nativos pré-históricos. Em geral, retratam objetos, tarefas de uso do cotidiano e a caça de animais (Figura 3). No continente sul-americano as pinturas rupestres são datadas de aproximadamente 13.000 a.C. Nas pinturas rupestres localizadas na Patagônia - Argentina foi possível perceber outro tipo de técnica utilizada. Nesses registros, a confecção das pinturas era realizada, primeiramente, pela transformação do pigmento mineral em pó e, em seguida, enchia-se a boca com o pigmento que era soprado na rocha com auxílio de um canudo de madeira. A pintura com mão ficou registrada nas paredes rochosas argentinas (GASPAR, 2006). A pintura rupestre “Cueva de Las Manos”, ou “Soprar sobre as Próprias Mãos” em português, é um exemplo desse tipo de pintura (Figura 4).

Figura 3 – Pintura rupestre Ascena de Caga, Kakadu, Austrália



Fonte: Sistema maxi de ensino,2018

Figura 4 - Pintura rupestre Cueva de Las Manos, Patagônia-Argentina



Fonte: Rincón (2017)

No Brasil, também foram encontrados registros da arte rupestre. Esta descoberta arqueológica ocorreu no final de 1970, na Serra da Capivara – estado do Piauí. Nos registros brasileiros conseguiu-se identificar, por meio da datação de carbono 14 de resíduos de fogueiras e pingos dos pigmentos, que o homem chegou ao continente americano há 48.000 a.C., comprovando assim que a presença do homem no continente americano é mais antiga do que já havia sido divulgado.

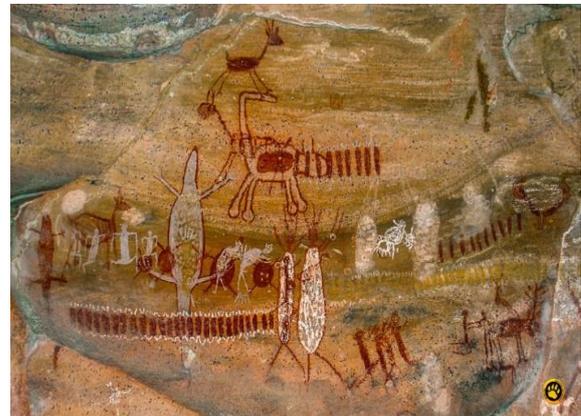
Nos desenhos confeccionados na arte rupestre do Brasil eram utilizados certos pigmentos (orgânicos) que não se preservavam bem e podem ter desaparecido com o tempo, por exemplo, as argilas brancas e os pigmentos vegetais como o urucum e o jenipapo; diferente de outros pigmentos minerais mais duráveis. Por esse motivo, os registros encontrados das pinturas têm uma, duas ou mais cores, nas paletas vermelho, marrom, branco e preto. (DE CEZARO *et al.*, 2013). As Figuras 5 e 6 são exemplos de pinturas rupestres encontradas no Piauí.

Figura 5 - Figura rupestre no Parque Nacional da Serra da Capivara



Fonte: A Arte Pré-histórica... (2016)

Figura 6 - Representação de figura rupestre no Parque Nacional da Serra da Capivara



Fonte: Parque Nacional... (2016)

A arte rupestre no Brasil tem suas próprias peculiaridades e está gravada nas cinco regiões do país (MARQUIS, 2022).

Os estudos e investigações acerca do patrimônio da arte rupestre no Brasil, sob influência dos franceses, não datam apenas o tempo de existência do homem em cada parte do país, também confirmam que a arte e os saberes científicos prévios colaboraram para a sobrevivência da humanidade.

Sabe-se ainda que as pinturas realizadas na idade primitiva nasceram antes da linguagem oral e impulsionaram o homem a aprimorar a forma de se comunicar através da arte. Para isso, foi necessário que a humanidade desenvolvesse novas técnicas de extração de pigmentos que pudessem ampliar a variedade de cores disponíveis e preservar as pinturas ao longo do tempo. Além disso, houve a necessidade de aprender como produzir novas ferramentas e objetos que permitissem criar mais expressões artísticas.

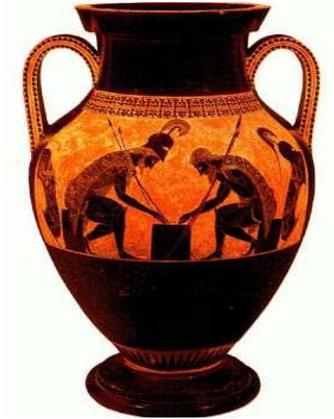
Portanto, de acordo com Cavalcante (2012, p.36), “a arte rupestre foi uma expressão do homem pré-histórico que manifestou, com desenvoltura, suas habilidades artísticas, sua cultura, seus sentimentos e os saberes de seu tempo”.

Compreendendo que uma das formas de evolução das expressões artísticas dos povos se deu por meio da pintura, seguindo uma linha cronológica, será descrito próximas seções como os pigmentos e corantes naturais, utilizados na produção das paletas de cores dos artistas marcaram a história da arte pelo mundo.

2.2 As cores e a pintura nas Artes Grega e Romana

O que se sabe sobre a arte grega é que as pinturas de cerâmicas, de fachadas de templos, túmulos e teatros foram partes fundamentais da cultura grega. As cores eram alegres, fortes, e retratavam o humanismo, quase sempre com cenas do cotidiano, da religião ou da mitologia. As pinturas mostravam harmonia e rigor nos detalhes. Podem ser destacados, na pintura grega, os períodos: arcaico (c. 650-480 a.C.) e clássico (c. 480-323 a.C.). No primeiro período as pinturas eram negras sobre fundo claro ou vermelho (Figura 7), enquanto no segundo período, as pinturas eram vermelhas sobre fundo negro, tal como representado na figura 8.

Figura 7 - Pintura negra em fundo claro



Fonte: Imbroisi e Martins (2022)

Figura 8 - Pintura com cor vermelha em fundo preto



Fonte: Imbroisi e Martins (2022)

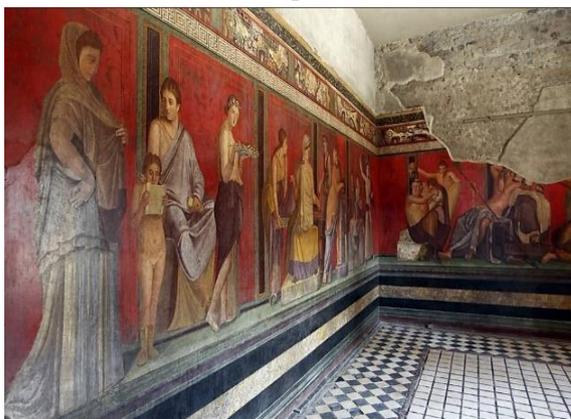
A paleta de cores dos gregos é muito semelhante as cores utilizadas nas pinturas da civilização egípcia. No entanto, os gregos conseguiram obter novas colorações naturais, como também conseguiram cores artificiais. Entre os pigmentos estão o branco de chumbo, o verdete e o vermelho. O pigmento branco adquirido do carbonato básico de chumbo, de fórmula química $(2\text{Pb}(\text{CO}_3) \cdot 2\text{Pb}(\text{OH}_2))$, tem uma branquitude maior que do giz (CaCO_3), esse material foi utilizado durante toda idade média e apresenta alta toxicidade para o organismo vivo. Curiosa e perigosamente, como os pintores e a população não sabiam dessa característica tóxica dos compostos de chumbo, esta substância acabou sendo inserida em cosméticos (pó facial) para mulheres, na Europa e em outras partes do mundo (VOLPE, 2018).

Outros pigmentos foram importantes para a arte neste período, tal como o vermelho de óxido de chumbo. Este pigmento era obtido através do aquecimento do óxido de chumbo II (PbO), de cor amarela, que quando era oxidado, misturado com solvente e decantado formava o chumbo vermelho (Pb_3O_4).

O vermelho do chumbo (Pb_3O_4) não foi a única tonalidade de vermelho fabricada e usada em pintura por povos antigos. A cidade de Pompéia, que pertenceu a civilização romana, é um dos exemplos de civilizações que utilizaram essa tonalidade. Pompéia, mesmo sendo soterrada após um terremoto e ter sofrido com uma explosão vulcânica, que foi encontrada por arqueólogos e escavada a partir do século XVIII, ainda está preservada e “se tornou referência sobre a arte e cultura material do mundo romano na Modernidade e segue em posição de destaque até os dias de hoje” (GARRAFFONI e GRILLO, 2020, p.177). Em Pompéia, nas mansões de famílias ricas, as paredes eram pintadas com um vermelho intenso e brilhante (Figuras 9 e 10). O pigmento usado era conhecido como Cinábrio, composto por sulfeto de

mercúrio II (HgS), trata-se de um minério que se transforma em mercúrio através de reações químicas. Apesar dos seus efeitos tóxicos, o pigmento (tinta) vermelho a base de mercúrio era utilizada para tingir estátuas, gladiadores etc., sendo também utilizado como batom pelas mulheres romanas. Em razão de seu escurecimento, o pigmento vermelhão (vermilion) e sulfeto de mercúrio artificial foram utilizados até a descoberta do vermelho de cádmio (artificial) (VOLPE, 2018).

Figura 9 - Pintura Afresco na Vila dos Mistérios, em Pompéia



Fonte: Carvalho (2015b)

Figura 10 - Detalhe do afresco na Vila dos Mistérios, em Pompéia



Fonte: Carvalho (2015b)

Na preparação do sulfeto de mercúrio II, para ser utilizado como pigmento, este passava por um processo de purificação. O mineral, após ser seco e moído com pilões de ferro, era lavado várias vezes e depois aquecido para remover as impurezas, desta forma era então, transformado em pigmento. A técnica de aplicação do pigmento deveria ser realizada com cuidado e atenção para não haver desperdício. (CRUZ, 2007), já que este era um dos pigmentos de alto valor nesta época.

Muito da sabedoria que foi empregada nas obras da arte grega originou-se dos egípcios, porém o movimento grego teve que conquistar a liberdade para representar o corpo humano. Segundo Gombrich (2011, p.94), “de fato, os artistas gregos tinham dominado os meios de transmitir um pouco dos sentimentos mudos existentes entre as pessoas”. A arte dos romanos teve grande valor religioso para os povos que entraram em contato com a expansão do império romano (GROMBRICH, 2011).

Por fim, as artes grega e romana influenciaram a capacidade do homem de representar sua visão dos deuses e heróis com belas formas e cores fortes e vibrantes.

2.3 As Cores das Pinturas no Renascimento

O renascimento foi um movimento artístico e intelectual importantíssimo para a arte que conhecemos hoje, este movimento teve início em meados do século XIV, propriamente na Itália, posteriormente o movimento renascentista se espalhou por toda Europa. Nesse período, “a percepção da cor trouxe uma bagagem cultural e histórica” (CANOVAS, 2018, p.33). Os artistas renascentistas foram hábeis em selecionar uma variedade de pigmentos, tonalidades e técnicas que foram importantes para oferecer às obras produzidas “melhores qualidades ópticas, de manuseamento e até mesmo de durabilidade” (MENDES, 2012, p.123). Entre os principais pigmentos utilizados neste período, estavam aqueles que tinham a cor azul. Segundo Gonçalves (2018), a cor azul era extraída de uma pedra preciosa conhecida como lápis-lazúli, uma rocha composta por Lazurita, Calcita e Pirita, sendo, porém, a cor azul atribuída a lazurita, que tem fórmula $(\text{NaCa})_8[\text{SO}_4, \text{S}, \text{Cl}]_2(\text{AlSiO}_4)_6$. O pigmento azul, também denominado como ultramarinho, era trazido do Afeganistão pelo mar de Veneza e possuía alto valor de mercado.

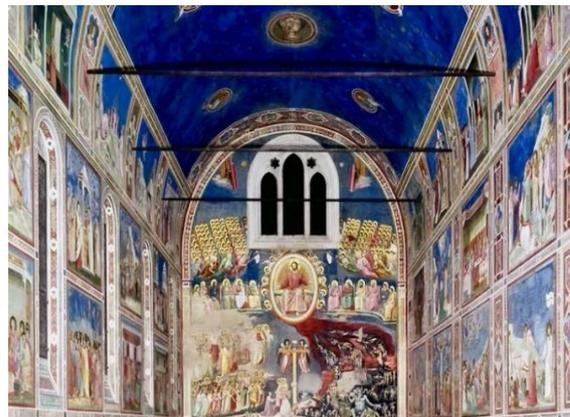
A técnica adotada para transformação do mineral lazurita em pigmento, ocorria por meio da moagem do mineral, utilizando uma pedra de pórfiro, até obter a granulometria adequada. No processo de purificação da lazurita, o produto era envolvido em goma arábica, cera de abelha e resina, e a bola formada da mistura era dissolvida em um banho de ácido. Com este laborioso processo de purificação, a extração do pigmento azul da lazurita se tornou uma técnica muito cara e, por essa razão, esse era o pigmento mais valioso da época, até mais que o próprio ouro (CORRÊA, 2017). Assim, devido ao seu alto preço, o pigmento azul era usado em pinturas que retratavam o que era Divino, a exemplo do manto da virgem Maria pintado por Rafael Sanzio (1483-1520). O pintor italiano renascentista retratou o manto da virgem Maria em azul na imagem “Sagrada Família com Rafael, Tobias e São Jerônimo” (1513-1514), também denominada de Madona do Peixe (Figura 11). Sob a mesma influência, Giotto di Bondone, pintou na Cappella degli Scrovegni, em Pádua, um ciclo de afrescos retratando cenas da vida da Virgem Maria e da Paixão de Cristo, utilizando a cor azul de forma predominante (Figura 12).

Figura 11 - A cor azul na representação do manto de Maria na obra Madona do Peixe de Rafael Sanzio



Fonte: Wikipedia (2022 a)

Figura 12 – Imagem dos afrescos (1303-1305) de Giotto na Cappella degli Scrovegni, em Pádua.



Fonte: Guia (2022)

Após a pintura da Cappella Scrovegni, a igreja católica atribuiu a cor azul como sendo a cor de representação do Divino e seu uso ficou restrito às pinturas da Virgem Maria e de representações divinas (CORRÊA,2017).

Na conjuntura da arte renascentista, a cor verde mais utilizada era o verdete, que se originava do acetato de cobre $\text{II Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ associado ao hidróxido de cobre $\text{II Cu}(\text{OH})_2$. A técnica para obtenção desta cor era caracterizada pela aplicação do ácido acético em lâminas de cobre. Para que a coloração verde surgisse, o produto era misturado com outras substâncias como o branco de chumbo $(\text{PbCO}_3)_2 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$, um carbonato básico de chumbo, ou ao óxido de estanho II (SnO) , a cassiterita. Já os pigmentos amarelos, bastante usados durante o movimento renascentista, tinham como fonte os óxidos de chumbo II (PbO) e de estanho II (SnO) . Os tons amarelados eram muito importantes para a paleta de cores das pinturas no século XV e XVI e, muitas vezes, o pigmento era obtido através da calcinação do óxido em altas temperaturas (MENDES, 2012). Por outro lado, na pintura renascentista de meados dos séculos XVII e XVIII “utilizava-se o violeta, o azul-claro, a púrpura e o dourado como detalhe final da peça artística” (CANOVAS, 2018, p.33).

No contexto do renascimento, merece destaque o pintor e escultor Michelangelo Buonarroti, a técnica de pintura à óleo nas cores vermelha e azul, usadas por ele, dão vida à uma das pinturas mais famosas do renascimento, “a criação do homem”, localizada na Capela Sistina no Vaticano (Figuras 13), compondo a pintura do teto da capela (Figura 14), que retrata cenas com ancestrais de Cristo, histórias de Noé, a criação e a perdição de Adão e Eva, A Criação e dos profetas e sibilas (SCHLEY, 2017). Nesta magnífica obra de Michelangelo é possível observar como a expressão e combinação das cores, oriundas dos mais diversos tipos de corantes e suas misturas, é responsável por trazer identidade a obra, tal como uma impressão

digital de seu autor. Michelangelo se distinguiu de outros pintores da renascença por apresentar uma visão da anatomia do corpo do homem e por retratar os maiores acontecimentos descritos no livro de gêneses na Bíblia, entre elas, estão: a criação do homem e a separação da luz e das trevas etc. (CORRÊA, *et al.*, 2008; DOS SANTOS AFONSO; FLIEGEL; KOTK, 2021).

Figura 13 - Pintura do teto da Capela Sistina pintada por Michelangelo



Fonte: Wikipedia (2021)

Figura 14 - Pintura “a criação do homem” no centro do teto da Capela Sistina



Fonte: Consiglio (2021)

Outro mestre da pintura renascentista foi Leonardo da Vinci. O pintor deixou um legado de técnicas de preparação. Ele aprofundou seus conhecimentos sobre a composição química dos materiais a fim de produzir novas paletas de cores e utilizá-las para criar obras que deram características e traços únicos em suas peças, tal como a técnica chamada de giz tons pastel. Segundo Mourão (2011, p.28), Leonardo não comprava tintas, ele dispunha de “seus estudos de química e fabricava cada cor através de suas experiências com produtos químicos e misturas obtidas de extratos de frutas e folhas silvestres”. Foi por meio da experimentação que Da Vinci começou a concretizar suas técnicas, testando novos compostos (KIROKI, 2016; ATALY, 2006).

Da Vinci [...] “teve conhecimento da tinta a óleo através dos pintores flamengos e as desenvolveu e utilizou muito. Com seus conhecimentos de química (ciências), pesquisou profundamente cores e tintas, que são únicos em seus trabalhos” (MOURÃO, 2011, p.29). Como exemplo da genialidade de Da Vinci, destacam-se duas de suas pinturas a Mona Lisa (Figura 15) e o retrato de Ginevra de Benci (Figura 16) (MOURÃO, 2011).

Figura 15 - Mona lisa (conhecida como Gioconda) pintada entre os anos 1503 e 1506.



Fonte: Wikipedia (2022 c)

Figura 16 - Ginevra de' Benci pintada entre 1474 e 1476, retratava uma jovem aristocrata de Florença.



Fonte: Wikipedia (2022 c)

As contribuições que a arte e as pinturas renascentistas trouxeram vão muito além do legado artístico e da expressão de uma época, elas podem servir como base para a ampliação dos conhecimentos científicos através da discussão conceitual no campo das ciências naturais (química, biologia, física), história e matemática construindo conhecimento de forma integrada.

2.4 As cores na Arte Impressionista e Modernista

O impressionismo foi um movimento artístico que surgiu na França no final do século XIX associado a "Belle Époque" (1871-1914), teve um papel importante para a história da arte, em especial com a utilização da técnica de captação da luz natural nas pinturas, valorizando a luminosidade instantânea (ZANCHETTA, 2004), as técnicas de pintura desse movimento trouxeram consigo uma mistura de cores dos mesmos tons.

As técnicas manipuladas no impressionismo não se enquadravam na arte acadêmica, ou seja, os pintores criavam suas telas com paletas de cores de várias tonalidades, partindo da forma como enxergavam a natureza. Não foram encontrados registros similares em movimentos anteriores, esse estilo rompia com as técnicas desenvolvidas pelos artistas clássicos, anteriores, e conseqüentemente essas novas técnicas não foram aceitas na época. No impressionismo, diferentemente da arte em ambientes internos, apresentadas até aqui, as pinturas eram criadas ao ar livre (fora dos ateliês, cavernas, residências), sendo as paisagens as grandes personagens destas obras.

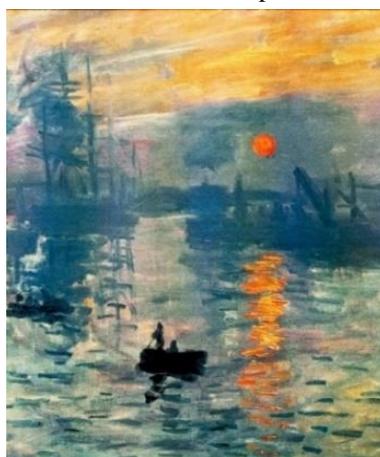
Nesse período, “[...] estabelece uma revalorização dos elementos cromáticos e da luz natural na pintura, entendendo que a cor é algo físico, mas que a percepção é algo individual e psicológico” (CANOVAS, 2018, p.33). Desta forma, a pintura impressionista se destacou por

usar as sete cores do prisma e a decomposição da luz do sol sobre o objeto e os efeitos visuais percebidos pelos olhos.

É possível interpretar que a cor no contexto do impressionismo era percebida de forma científica, pois esta dependia da interação entre luz e objeto. Deu-se, então, início a uma atenção ao reflexo da luz sobre o objeto e o funcionamento óptico.

A sinopse do impressionismo e sua paleta de cores estão representadas pela pintura “impressão do nascer do sol (1872)” (Figura 17) de Cloude Monet. Nela, observa-se as cores, laranja, muitos tons de azuis e verde refletidos no mar e no céu.

Figura 17- Pintura de Claude Monet, impressão nascer do sol (1872)



Fonte: Elola (2014).

Nessa época, o cenário das pinturas evoluiu com o surgimento de pigmentos sintéticos, tal como o azul da Prússia ($\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$). O pigmento sintético azul é produzido pela reação do ferrocianeto de potássio ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$), que é laranja, com íons ferro III. “O Azul da Prússia foi um dos pigmentos preferidos pelo pintor holandês Vincent van Gogh, devido a sua intensidade e profundidade” (VOLPE, 2018, p.73).

O impressionismo foi um movimento que influenciou muitos artistas, entre eles, Paul Cezanne, Georges Seurat, *Vincent van Gogh*, *Paul Gauguin*, além de outros que fizeram parte do movimento pós-impressionismo.

Segundo Freitas (2018, p.27), “o impressionismo se configurou como o início de uma ruptura que iria transformar a tradição artística e nos levar à arte moderna, que influenciou Picasso nas premissas, condições e quanto às finalidades do trabalho artístico”.

A *Arte Moderna* surgiu na Europa no final do século XIX e “buscou encontrar um novo papel de servir como campo de experimento para se criarem novas formas e padrões

estéticos na sociedade contemporânea” (ARGAN, 1996 apud FREITAS, 2018, p.28). Os principais movimentos da Arte Moderna são: o surrealismo, expressionismo, futurismo, dadaísmo, cubismo, entre outros.

Os nomes que mais se destacaram nesse percurso artístico foram os pintores Pablo Picasso, no cubismo, Salvador Dalí, como figura principal das obras surrealistas, e Andy Warhol (1928 - 1987), na pop-arte. Os três artistas mencionados são responsáveis por novas perspectivas que possibilitaram ao espectador uma visão diferente sobre as formas de pinturas (FREITAS, 2018).

A paleta de cores na arte moderna contou com a importante contribuição de Picasso, que apresentou elementos e tons que foram pilares para o movimento modernista. As obras “*Girl in a Chemise*” (1905) (Figura 18) e “*Les Femmes d’Alger (O.J.)*” (1907) (Figura 19) retratam, respectivamente, a mudança da sua fase azul melancólico por tons de cores mais pastel e o início do seu período rosa. Para a obtenção dessa tonalidade o pintor usava tons de amarelo-marrom, misturados ao branco.

Figura 18 – Girl in a Chemise, 1905



Fonte: Wikipedia (2022 d)

Figura 19 - Les Femmes d’Alger (O.J.), 1907



Fonte: Wikipedia (2022 e)

Não obstante, a riqueza artística das obras de arte mais recentes, observa-se que os ensinamentos acerca da composição química dos pigmentos e técnicas de obtenção e preparo oriundos dos períodos anteriores, inclusive os mais primitivos, bem como o desenvolvimento de pigmentos sintéticos e novas técnicas de aplicação e conservação das obras e artefatos levaram as artes (pintura) para rumos distintos e um novo patamar.

Os artistas do renascimento, como Leonardo da Vinci e outros, preparavam suas próprias tintas com folhas, restos de animais e minerais a base de metais pesados; Pablo Picasso,

ícone da pintura moderna, utilizou tintas de parede (tinta sintética), a base de óxido de zinco (ZnO), para a confecção de suas obras, como pode ser observado no estudo realizado por Casadio e Rose (2013). A Figura 20 é uma das obras de Picasso pintada com tinta sintética.

Figura 20 - Obra de Picasso pintada com tinta sintética



Fonte: Quenqua (2022)

Ainda refletindo sobre os avanços científicos ocorridos ao longo da história da arte, em especial a pintura e sua associação com a química, no que diz respeito a segurança relacionada ao uso dos corantes e pigmentos, constatou-se que, entre os séculos XVI e XIX, os pigmentos utilizados eram compostos a base de metais (pesados) como: arsênio (As), cobalto (Co), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), cobre (Cu), estanho (Sn) e cádmio (Cd), substâncias extremamente tóxicas.

A população de países europeus, sobretudo, a da França, utilizava as tintas para pintar obras de arte, roupas e os cômodos das residências, até o imperador francês Napoleão Bonaparte desfrutava de um quarto muito luxuoso pintado de verde brilhante, chamado de verde de *Scheele* (CuAsHO_3), sua cor favorita (VOLPE, 2018).

No entanto, essa cor era produzida a base de arsênio, substância tóxica que, posteriormente, foi atribuída a causa da morte de Napoleão, um câncer no estômago. Atualmente, sabemos que a exposição a arsênio tem sido associada ao aumento do risco de carcinoma gástrico (VOLPE, 2018, p.78), além disso, investigações químicas encontraram vestígios de uma quantidade significativa de arsênio no cabelo do imperador, toxicidade provavelmente causada pelo verde de *Scheele*.

A comprovação da toxicidade desse material só fora possível no século XIX, quando o cientista alemão Leopold Gmelin percebeu a presença do ácido dimetilarsínico ($(\text{CH}_3)_2\text{AsO}_2\text{H}$) durante a produção do pigmento verde de *Scheele* (VOLPE, 2018, p.78). O ácido dimetilarsínico apresenta altos níveis de toxicidade por ser facilmente absorvido por

inalação. Por ingestão ou inalação, derivados de arsênio causam doenças intestinais, distúrbios no sistema vascular e periférico, bem como o câncer (BARRA, 2000).

Com a comprovação da toxicidade desses metais, atualmente, é proibida a confecção de tintas, pigmentos, vernizes, corantes e outros produtos similares, que contenham metais pesados, visando assim impedir os efeitos nocivos desse tipo de substância, tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente.

Isso mostra que a construção do conhecimento está relacionada ao ser humano e é algo contínuo, pois com os inúmeros testes feitos por todos os pintores e aprendizes, pôde-se adquirir informações suficientes que levaram a produção de corantes mais seguros, duráveis e de inúmeros tons que eram inexistentes nos primórdios.

É interessante notar também como o avanço da ciência ao longo do tempo permite, hoje, reconhecer o que há em cada pincelada do artista, configurando-se em uma “assinatura química” ou impressão digital da obra, determinada pelas substâncias e impurezas que compõem a tinta. Esta "impressão digital química" está associada ao local e época em que a obra ou artefato investigado foram feitos.

Após o estudo acerca dos principais movimentos artísticos, direcionados à luz do papel dos corantes naturais na arte, e considerando suas características químicas, tornou-se relevante complementar esse estudo, realizando uma síntese sobre as manifestações artístico-culturais dos povos nativos do Brasil, os indígenas. Tendo em vista que as pinturas corporais e de artefatos desenvolvidas pelos povos indígenas são, basicamente, a base de corantes naturais, mesmo nos dias atuais. Além disso, será apresentado uma breve descrição sobre a utilização destes corantes pelos povos indígenas brasileiros, cuja cultura é marcada por rituais e simbolismos que são expressos na forma de pinturas corporais, utilizando cores fortes, intensas e vibrantes.

2.5 As Cores como manifestação da identidade cultural indígena

A expressão artístico-cultural, através das cores, não foi uma particularidade apenas do homem primitivo ou de outros continentes. Os yanomâmis, os Krenak, os Boras, os Guaranis, os Tupinambás, os Caiapós, os Patachós, e os Carajás, além de muitas outras etnias indígenas do Brasil, já se manifestavam através das cores obtidas a partir de pigmentos extraídos do urucum, açaí, jenipapo, babaçu, açafraão etc., assim como de pigmentos minerais, os quais foram e ainda são bastante explorados por estas culturas em seus rituais (VANUCHI e BRAIBANTE, 2008).

Os métodos para extrair os pigmentos de folhas, frutos e sementes utilizam-se de técnicas simples de maceração e, em algumas situações, o pigmento é misturado a outros componentes para se produzir o tingimento desejado da pele, a exemplo do pigmento vermelho brilhante extraído do urucum. Segundo Souza (2022, p.36), [...] “algumas comunidades indígenas adicionam óleo vegetal na intenção de efetuar o brilho avermelhado na pintura corporal”. A técnica é primitiva, porém utilizada até hoje.

Para os indígenas, a tradição de pintar o corpo não é uma prática somente artística e emocional. Pelo contrário, sempre houve muita sabedoria e intencionalidade dos povos indígenas na utilização dos pigmentos para o corpo. Por exemplo, os rituais de embelezamento (Figura 21); as disputas entre guerreiros eram marcadas por meio das pinturas corporais (Figura 22); a identificação dos integrantes da tribo; como também serviam para prevenir picadas de insetos; a pintura corporal é tida como a segunda pele para o indígena (CARVALHO, 2015).

Figura 21 - Indígena da etnia Tuyuka da Aldeia Utapinozona com pintura corporal



Fonte: Soares (2018)

Figura 22 - Pintura corporal Kuarupó indígena da aldeia e etnia Kuikuro



Fonte: Teles (2021)

De acordo com Gaudêncio, Rodrigues e Martins (2020, p.182) o papel das pinturas corporais na cultura indígena é um símbolo “essencial e marcante em rituais, nas representações de suas celebrações de fertilização ou cerimônias fúnebres”.

A tradição indígena de pintar-se em cerimônias foi fundamental para a evolução do conhecimento acerca dos produtos naturais extraídos da floresta e permitiram que a civilização moderna pudesse usar cosméticos, realizar o tingimento de cabelos, pelos, penas e de tecidos. Na atualidade, essas pinturas ainda resistem como componente de identificação cultural que representam os costumes e os valores característicos desses povos.

De acordo com Souza (2022, p.36):

Para as mulheres indígenas pintar é um momento de alegria, e também uma demonstração de carinho, nas comemorações festivas; os homens geralmente pintam

a pele com desenhos de animais, pássaros ou peixes, desenhos estes que servem para identificar o grupo social ao qual pertencem.

A arte indígena brasileira expressa-se por meio de pinturas que apresentam formas geométricas e cores fortes, que têm significados distintos para cada etnia indígena. Nesse contexto, conferem identidade cultural, pois “são caracterizadas por conjuntos simbólicos e de linguagens exclusivas de cada cultura (SOUZA, 2022, p. 34). As figuras 23 e 24 mostram exemplos da pintura indígena corporal e em artefatos.

Figura 23 - Jovens Apinajé, pintados e ornamentados para dia de festa



Fonte: Seleucia (2021)

Figura 24 - Cerâmicas Baniwa (esquerda) e cerâmicas Tukano (direita)



Fonte: Fernandes (2022)

Assim, buscar conhecer e se aprofundar nos conhecimentos trazidos pelos povos indígenas à sociedade moderna para que possamos compreender melhor e respeitar o papel de todos na construção do país é fundamental. Nesse contexto, embora distintas em suas manifestações, as artes e pinturas se configuram em tema riquíssimo para trabalho em sala de aula à medida que trazem um resgate histórico-cultural dos povos e civilizações, bem como criam uma noção nos estudantes de que o conhecimento científico é uma construção coletiva e humana. A problematização a partir do tema artes na interface com a química constitui em terreno fértil de discussões e possibilidades em sala de aula. Cabe ao professor escolher as estratégias mais convenientes de acordo com o seu grupo de estudantes, bem como com o tempo que lhe é fornecido para explorar essas possibilidades.

Para além do resgate histórico-sociocultural, problematizar a temática dos corantes na interface com as artes, através das pinturas, possibilita um trabalho interdisciplinar com outros ramos das ciências, como a física e a biologia, explorando fenômenos ópticos e da natureza da luz e da cor, assim como a forma que ocorre a percepção das cores e tonalidades pela visão.

As definições de cor e sua origem, o espectro eletromagnético e suas faixas, e a compreensão de como ocorre a percepção visual da cor pelos olhos serão tratados na próxima seção. Para compreender como ocorre a percepção das cores pela visão, a seção seguinte será iniciada com as seguintes indagações: O que é luz? Como nossos olhos percebem as cores?

3. O QUE É A LUZ? COMO O OLHO HUMANO OBSERVA AS CORES?

Para uma melhor compreensão do que é necessário para entender o fenômeno das cores, é preciso definir a natureza da luz e sua relação com o espectro eletromagnético e seus múltiplos comprimentos de onda e frequências. Além disso, será investigado como ocorre a percepção da cor pela visão e a decodificação desta mensagem para o cérebro humano.

3.1 A luz e as cores

A natureza da luz foi objeto de estudo desde a época dos gregos e há muito tempo já se discutia sobre sua formação e composição. Em 1704, Newton entendia a luz como corpúsculos (partículas) emitidos por corpos brilhantes. Em seu modelo, Newton considerava que a propagação da luz era retilínea pelo fato de as partículas que compõem a luz possuírem massa muito pequena e por se propagarem rapidamente. Thomas Young, Christiaan Huygens e Augustin Fresnel realizaram experimentos e formularam teorias que evidenciaram a natureza ondulatória da luz. Já no início do século XX, Planck (1858-1947) e Einstein (1874-1955), a partir da teoria dos fótons, conciliaram estas duas visões e assim surgiu o comportamento dual onda-partícula da luz (SILVA, 2010). Então compreende-se que a luz, em determinados momentos, se comporta como uma onda; e, em outros, como partícula (OLIVEIRA, 2001).

Por apresentar comportamento ondulatório, a luz apresenta frequência (f) e período (T), também é descrita pelo comprimento de onda (λ). O comprimento de onda refere-se a distância entre dois máximos ou dois mínimos das ondas geradas, que corresponde uma oscilação completa da onda; e a frequência é o número de repetições ou ciclos de uma onda por um segundo (SOUZA, 2019). A unidade de frequência do Sistema Internacional (SI) é o hertz (Hz), que equivale a uma oscilação em 1 segundo, representada pela letra f . O comprimento de onda λ é expresso em nanômetro (nm), e equivale a 1×10^{-9} nm.

Na equação 1 que descreve a velocidade (V) das ondas eletromagnéticas é dada por:

$$V = \lambda \cdot f \text{ (equação 1)}, T = 1/f, f = T/\lambda$$

Onde, λ é o comprimento de onda, f é a frequência da luz e T é o período

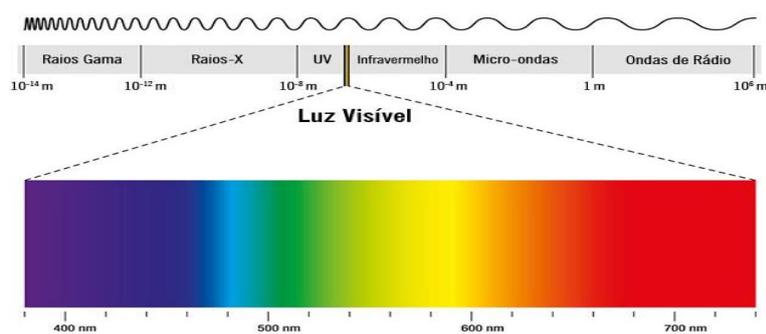
Na equação 1, vemos que a velocidade depende tanto do comprimento de onda, quanto da frequência da luz. Rearranjando a equação 1, temos que o período é igual a 1 sobre a

frequência da luz. Observe que de acordo com a equação 1, a frequência da luz pode ser expressa em período sobre o comprimento de onda.

A luz é uma onda eletromagnética formada pela propagação em conjunto de um campo elétrico e um magnético. Sendo uma radiação eletromagnética, a luz pode propagar-se através de diversos meios e sofrer alterações de velocidade ao passar de um meio de propagação para outro. Na equação 1, para ondas eletromagnéticas a velocidade (v) é igual a velocidade da luz (c). A velocidade da luz, que não é exclusiva da luz visível, mas sim de todos os tipos de radiação eletromagnética, possui valor igual a 299.800 km/s ou $3,0 \times 10^8$ m/s.

Considerando a luz visível, aquela captada pela visão, Martins, Sucupira e Soarez (2015, p.1511) dizem que esta se constitui de uma série de ondas eletromagnéticas que compreendem apenas uma parte do espectro eletromagnético (Figura 25), a localizada entre o ultravioleta e o infravermelho.

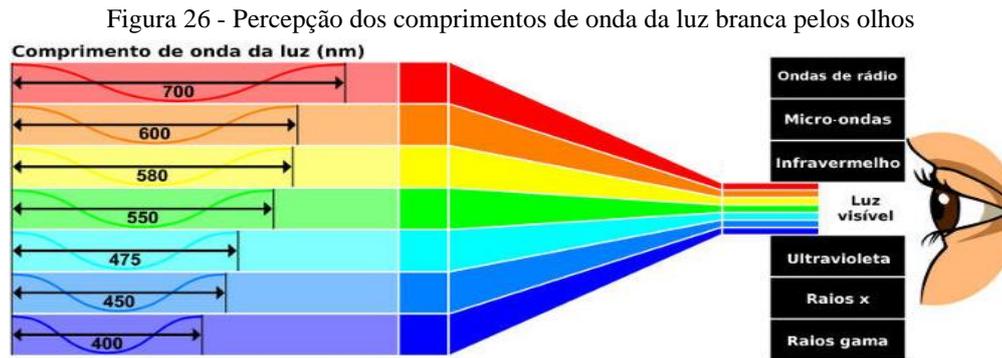
Figura 25 - Espectro de Luz visível com subdivisão (de acordo com o comprimento de ondas)



Fonte: Harris (2008)

A luz visível possui certos comprimentos de onda (λ) ou frequências (f) que são captados pelos olhos humanos e identificados como cores. Cada cor, portanto, tem uma faixa de comprimento de onda correspondente que varia entre 380 a 740 nm. A luz branca, proveniente do sol ou de outras fontes artificiais, pode ser compreendida como a mistura de todas as cores ou a mistura de ondas eletromagnéticas de vários comprimentos de onda (λ) ou frequências (f) que abrangem o espectro na região do visível (HALLIDAY e RESNICK, 2011).

Assim, é possível perceber que a cor vermelha possui uma faixa de comprimento de onda e frequências, no espectro de luz branca, que varia entre 625-740nm ($f = 4,6 \times 10^{14}$ hertz). Enquanto a cor violeta possui frequência de $6,7 \times 10^{14}$ hertz. O comprimento de onda da cor verde varia entre 500-565 nm (Figura 26).



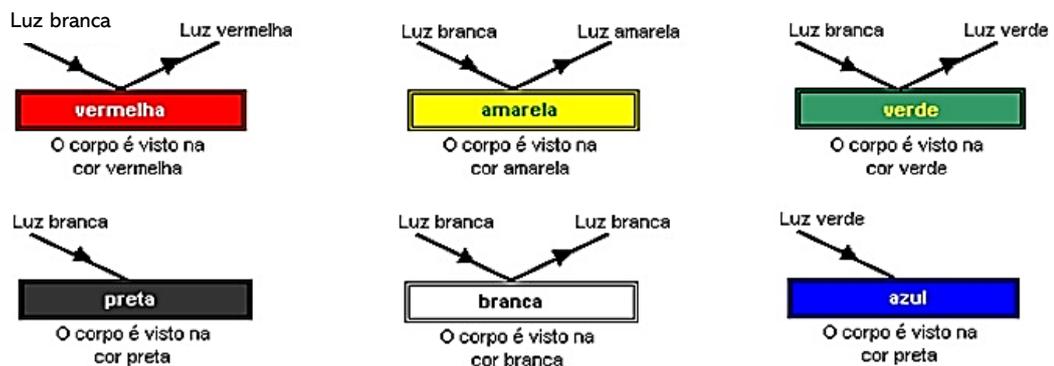
Fonte: Helerbrock (c2022)

Diante disso, é possível dizer que a cor não é um componente intrínseco dos objetos, mas também um fenômeno sensorial, tal como compreendiam os pintores do impressionismo.

Cosmo (2015, p.25) lembra ainda que “no contato entre a luz e o material, os comprimentos de onda da luz podem ser: absorvidos, refletidos ou ainda sofrerem refração¹”.

Assim, existe uma dependência da cor com a fonte luminosa incidente. Uma substância ou objeto não se comportam de formas idênticas em relação a luz que reflete se variada a fonte de luz incidente. Se um corpo é iluminado por luz vermelha e reflete a cor vermelha, iremos enxergá-lo vermelho; da mesma forma se incidido por luz branca solar e houver reflexão da cor amarela, enxergaremos o amarelo, tal como será para o verde (Figura 27). Quando um objeto reflete de forma difusa todas as cores, enxergamos esse corpo ou substância com a cor branca; se ele absorve todas as cores, veremos preto.

Figura 27 - O corpo ou objeto é enxergado com uma determinada cor em virtude da reflexão ou da absorção de luz



Fonte: Adaptado do Tom de Física (2011)

¹ Refração pode ser definida como a passagem de luz por meio de uma superfície ou interface que separa dois meios (COSMO, 2015)

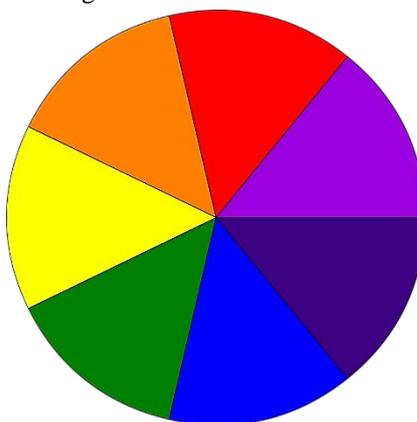
Através da figura 27 é possível explicar como a formação de cores está vinculada a interação dos materiais (objetos) com a luz. Cabe também ressaltar que, quando se fala de cor, trata-se da reflexão e da absorção de luz, ou seja, uma fração do espectro eletromagnético que foi absorvida ou que será refletida; é essa porção de luz refletida ou transmitida que efetuará a sensação visual pertinente àquela cor observada (HENRIQUE, *et al.*, 2019).

Por outro lado, um objeto azul quando iluminado por luz monocromática verde (luz composta de uma única cor) absorverá a luz verde e não refletirá nenhuma cor, de modo que o enxergaremos como preto (Figura 27). Portanto, o fenômeno da formação de cor de um objeto não depende somente dele, mas também da luz que o ilumina.

No que tange a observação das cores, podemos dizer que a cor faz parte da natureza e está presente na vida do homem há milhares de anos. Do ponto de vista sociocultural, as cores estão associadas a ideia de beleza, saúde, vida, amor, entre outros sentimentos. Para compreender o funcionamento e a diversidade de tonalidades e cores é essencial revisar a teoria trazida nos estudos de Newton.

O disco de Newton, mostrado na Figura 28, “foi construído sobre um disco dividido em sete fatias, como as de uma pizza, e pintadas com cada uma das sete cores primárias estabelecidas por Newton” (SILVEIRA e BARTHEM, 2016).

Figura 28 - Disco de Newton

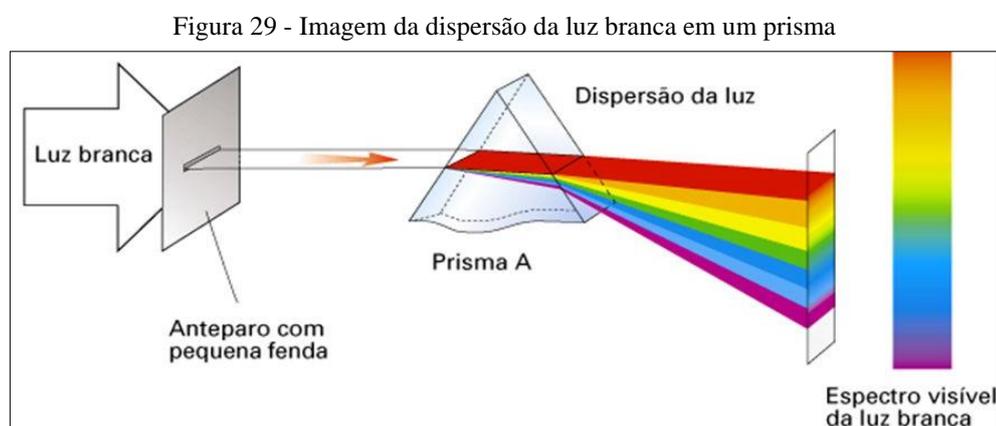


Fonte: Wikipedia (2020)

Newton supôs que existiam sete cores básicas: o vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta oriundas da decomposição da luz branca solar. Sua hipótese pode ser confirmada com o experimento de decomposição da luz branca que foi realizado com o auxílio de um prisma e evidenciou o fenômeno óptico de dispersão da luz. O experimento com o prisma nos mostra os desvios sofridos por cada cor ao passar pelo prisma, possibilitando que Newton constatasse que a luz branca, ou luz solar, era “composta por uma mistura de luzes de várias

cores, componentes hoje chamados de radiações monocromáticas”. (SILVEIRA, 2015, p.25). A decomposição da luz branca depende do índice de refração de dois meios transparentes e é uma relação da velocidade de propagação da luz no vácuo com a velocidade de propagação no próprio prisma. Quando a luz atravessa o prisma, sua velocidade de propagação é alterada, resultando nos desvios e na separação em cada comprimento de onda (cor) (HALLIDAY e RESNICK, 2010). A passagem da luz pelo prisma possibilitou que Newton entendesse a dispersão óptica e a composição da luz branca.

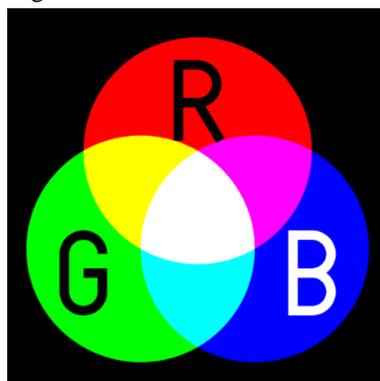
Assim como no prisma, o arco-íris decompõe a luz branca em sete cores, que correspondem a comprimentos de onda e frequências de oscilação diferentes (Figura 29) (ROCHA, 2010).



Fonte: Pachani [s.d.]

Com base no entendimento da dispersão da luz branca através do prisma, as cores primárias foram definidas como: [...] “o vermelho, o verde e o azul, as três cores primárias geradoras ou aditivas, formadas a partir de luzes coloridas, de três comprimentos de onda distintos” [...] (CHAIBUB, 2017, p.47). A partir das cores primárias é possível misturar e obter novas cores, chamadas de secundárias, que “são mais luminosas que as primárias” (CHAIBUB, 2017). A mistura das cores primárias origina outras três cores: 1) o vermelho e o verde formam o amarelo, que é então complementar ao azul; 2) o verde e o azul formam o ciano, que é complementar ao vermelho; 3) o azul e o vermelho formam o magenta, o qual é complementar ao verde (CHAIBUB, 2017 p.47) (Figura 30). Essa racionalização está proposta no disco de Newton através do sistema RGB (Red = vermelho, Green = verde e Blue = azul), imprescindível para evidenciar que a luz branca é gerada da mistura das cores RGB.

Figura 30 – Mistura de Cores RGB



Fonte: Wikipedia (2022 f)

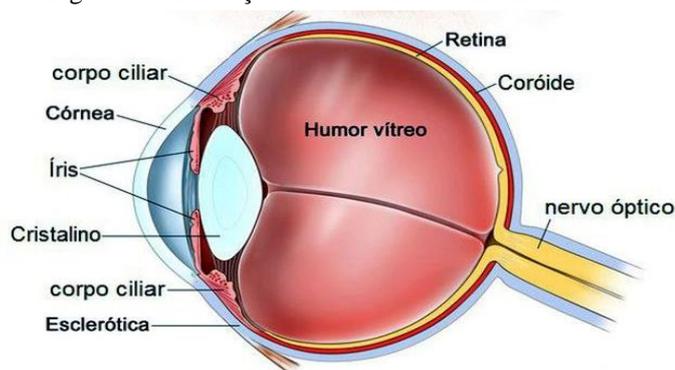
Essas três cores primárias compõem todas as tonalidades que conseguimos enxergar, inclusive, alguns aparelhos eletrônicos aplicaram esse sistema de cores em telas e displays (ROCHA, 2010). Todavia, cabe destacar que existe o sistema de cores CMYK, que considera como cores primárias o Ciano (Cyan), o Magenta (Magenta), Amarelo (Yellow) e Preto (Black, representado por Key para não confundir com o B de "Blue" do sistema RGB). Esse sistema é empregado em impressoras e serve para obter cor com pigmentos (tintas e objetos não-emissores de luz) (SILVA, 2021)

Por fim, conhecendo a natureza da luz e das cores e sua forma de interação com a matéria, pode-se compreender como se dá a percepção sensorial da cor.

3.2 A Visão

Sabe-se que através da luz o homem recebe grandes quantidades de informação do mundo que o cerca, e que para ver as imagens e os objetos, necessita-se de um sistema visual. Pode-se dizer que, a cor apresenta um papel importante para a sobrevivência do homem e, por vezes, a ideia de cor pode se tratar de um conceito subjetivo, o qual consiste na interpretação de uma informação feita por um sistema sensorial específico (a visão) e que é levada ao cérebro dos animais. Nesse contexto, o olho é um dos órgãos mais importantes do corpo humano, sendo responsável pela captação da informação, sob a forma de comprimentos de onda (λ) ou frequências (f), provenientes do meio exterior, e pela sua decodificação em impulsos nervosos através da ação de células nervosas especializadas, os fotorreceptores. São os fotorreceptores (células fotossensíveis), localizados na retina dos olhos, que transformam a luz, focalizada pelo cristalino, em impulsos elétricos que são enviados para o cérebro através do nervo óptico (Figura 31). As imagens formadas na retina são decodificadas e interpretadas pelo cérebro.

Figura 31 - Ilustração da anatomia de um olho humano



Fonte: Magalhães (2022)

Segundo Cosmo (2019, p.28), “[...] O olho humano consegue distinguir vários comprimentos de onda à medida que são recebidas pelas células fotossensíveis. São células especializadas como cones e bastonetes que detectam e distinguem a formação de imagens coloridas baseadas em suas especificidades.

De acordo com Martins, Sucupira e Suárez (2015, p.1508):

[...] Os bastonetes são responsáveis pela detecção de cores de penumbra, ou seja, branco, preto e cinza, não distinguindo as demais cores. Já os cones são diferenciados em três tipos, os que absorvem a luz vermelha, a verde e a azul, sendo estes os responsáveis por gerar e distinguir as cores. Posteriormente, com a mistura dos sinais relativos a essas três cores o nosso cérebro consegue formar qualquer outra cor do espectro visível. [...]

Os olhos são as janelas para entrada da luz, a “tonalidade das cores” vai depender da percepção do observador e das circunstâncias do local, da iluminação e da “transmissão de impulsos nervosos ao cérebro” (MELCHIADES e BOSCHI, 1991, p.14). Isto, porque é necessário que haja luz sob um objeto ou corpo, para que o sujeito tenha a sensação visual. Os conceitos de óptica explicam que “a luz não tem existência material” (CANOVAS, 2018, p.33), portanto, o que o olho humano visualiza é uma decomposição das cores primárias.

Com esse conjunto de conhecimentos adquiridos até agora, será retomada a discussão acerca dos corantes, abordando um pouco mais da química dos produtos naturais coloridos e a relação entre a estrutura molecular e a presença de certos padrões que fazem com que uma substância seja capaz de apresentar cor característica ou não. Para isso, será definido o que é corante e pigmento e a diferença entre eles, bem como, os tipos de corantes e pigmentos, a natureza deles, a composição química e a característica de ambos. Posteriormente, serão apresentados os corantes naturais mais comuns do cotidiano e suas propriedades químicas. Já que os pigmentos (corantes/tintas) absorvem e refletem porções de radiação eletromagnética da luz branca, em cores que podem ser percebidas.

4. PIGMENTOS E CORANTES

No geral, a ascensão da arte também está atrelada ao desenvolvimento dos processos e do conhecimento químico, isto porque, a descoberta de novas técnicas de extração e modificação de elementos químicos, substâncias (síntese de novos materiais em laboratório) e a evolução dos conhecimentos especializados em métodos, manutenção, produção e controle de materiais foram primordiais para que a química assumisse seu papel na confecção das cores, a fim de obter produtos fundamentais para as artes e pintura, que marcaram as inúmeras paletas de cores em movimentos históricos que expressaram a criatividade e as crenças do homem ao longo de anos.

Para compreender os saberes químicos envolvidos nos processos de pintura, é importantíssimo distinguir o que é pigmento e corante, definindo o seu comportamento químico e suas classificações.

A palavra *pigmento* origina-se do latim *pigmentum*, que significa aquilo que dá cor. Os pigmentos são substâncias insolúveis, e são responsáveis por fornecer cor as tintas. Quando os pigmentos são utilizados em superfície, proporcionam, “além da qualidade estética, proteção para o material (VOLPE, 2018, p.52)”. Eles podem ser de origem natural ou sintética (preparados por meio de reações químicas em laboratório) e podem ser classificados em orgânicos ou inorgânicos (Quadro 1).

Quadro 1: Os tipos de pigmentos e como podem ser classificados de acordo com suas características.

Tipo de pigmento	Composição química	Exemplo	Características
Pigmento inorgânico (minerais)	Como os óxidos, os sulfetos, os carbonatos, os cromatos, os sulfatos, os fosfatos e os silicatos de metais.	Utilizado nas indústrias de tintas gráficas, tintas e vernizes, estamperia têxtil e plásticos.	Estabilidade química e térmica, geralmente, menor toxicidade para o meio ambiente e para o ser humano. Alto grau de pureza e uniformidade e tem um custo-benefício melhor que os corantes naturais.
Pigmentos Orgânicos	Este tipo de pigmento é encontrado na natureza e pode ser sintetizado por várias técnicas e processos químicos.	Utilizado nas indústrias de tintas e vernizes para as indústrias automobilísticas e da construção civil, tintas gráficas, cosméticos, indústria têxtil, mas também nas indústrias de artefatos de couro, papel, alimentos, cosméticos, tintas e plásticos.	Os pigmentos orgânicos não são poluentes, já os pigmentos orgânicos naturais têm vários tons, muito brilho, e alto poder de coloração e não podem ser processados em materiais que são submetidos a altas temperaturas, como vidros e cerâmicas.

Fonte: Bondioli *et al.* (1998); ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA (2011); Veloso (2012)

As características dos dois grupos de pigmentos são importantes economicamente tanto para a indústria da cor como para as artes, devido as suas propriedades físico-químicas e térmicas. Os pigmentos derivados de compostos orgânicos² se diferenciam daqueles produzidos a partir de compostos inorgânicos³ principalmente pelos tons, brilho e alto poder de coloração. Por outro lado, têm baixa estabilidade química e térmica. Em contrapartida, os pigmentos inorgânicos são mais estáveis a temperaturas elevadas e apresentam maior durabilidade.

Os pigmentos naturais, aqueles extraídos da natureza, podem ser compostos inorgânicos, como o óxido de ferro III (amarelo), carbonato básico de chumbo (branco), óxido de chumbo ou de alumínio (vermelho), sulfeto de mercúrio (vermelho), óxidos de chumbo e estanho (amarelo), arsenito de hidrogênio cúprico (verde), lazurita (azul), como vimos antes. Entre pigmentos orgânicos temos as antocianinas (azul-roxo), as betalaínas (vermelhas), os carotenóides (verde-amarelo-laranja-vermelho), a jenipina (marrom-preto), a brasileína (vermelho), a bixina (laranja-vermelho), os curcuminóides (amarelo), as quinonas (vermelho-amarelo-laranja-marron), a clorofila (verde) etc.

Os pigmentos sintéticos são aqueles produzidos pelo homem através de reações químicas, podem assumir cores variadas e ainda ser orgânicos ou inorgânicos.

De acordo com o Conselho Regional de Química, pigmentos e corantes são substâncias que quando aplicadas a um material lhe conferem cor. No entanto, a principal diferença entre pigmentos e corantes é que, quando aplicados, os pigmentos são insolúveis e os corantes são solúveis. Além disso, outro diferencial entre os dois produtos diz respeito à cobertura, quando se usa o pigmento em uma tinta ele promove simultaneamente a cobertura, a opacidade, o tingimento e a cor; o corante só promove o tingimento, sem proporcionar cobertura. Desta forma, o corante mantém a transparência do objeto tingido, já o pigmento dá cor e tira a transparência (MARINHO; MONTEIRO, 2011).

Segundo Saron e Felisberti (2006), a diferença básica entre pigmentos e corantes está no tamanho das partículas e na solubilidade desta no meio em que é dissolvida. Os autores afirmam ainda que a “solubilidade de um determinado colorante pode ser determinada pela presença de certos grupos químicos na estrutura do composto, os quais podem ocasionar as diferenciações entre pigmentos e corantes”.

3 Compostos orgânicos são moléculas formadas por átomos de carbono ligados por meio de ligações covalentes entre si e com outros elementos, como hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e halogênios (SOLOMONS, 2012).

4 Os compostos inorgânicos são aqueles que não apresentam em sua composição átomos de carbono, com exceção dos elementos CO, CO₂ e Na₂CO₃ (ATKINS e JONES, 2006).

A rigor, os pigmentos são de suma importância na produção dos corantes, pois ao serem combinados com outras substâncias químicas, eles são transformados em corantes (VELOSO, 2012, p.3).

Os corantes naturais são obtidos, através da extração de diferentes partes dos vegetais, folhas, caule, frutos, raízes etc. Existem vários métodos para extração dos corantes, desde técnicas utilizando equipamentos mais sofisticados, até métodos utilizando solventes orgânicos e extração com soluções reativas (alcalinas ou ácidas) (MASCARENHAS, 1998).

Os corantes sintéticos têm uma ampla utilização em diversos setores industriais, em razão de apresentarem uma variedade maior de tonalidade, um poder tintorial e brilho uniformes (TAKASHIMA; TAKATA; NAKAMURA, 1988; VANUCHI, 2019, p.20).

Com a finalidade de estabelecer uma conexão entre o tema deste caderno e o cotidiano dos estudantes e facilitar a exploração em sala de aula, serão utilizados apenas os corantes naturais para auxiliar na construção de conceitos químicos na escola, ademais, no fim do caderno, também serão disponibilizados algumas sugestões de atividades experimentais para auxiliar o professor no incremento de suas práticas pedagógicas.

5. A QUÍMICA E OS CORANTES NATURAIS

Existem muitos tipos de pigmentos naturais orgânicos e inorgânicos, os quais podem ser transformados em corantes a partir da extração das mais diversas fontes vegetais ou minerais. Esses corantes quando tratados corretamente podem fornecer uma variedade de cores que podem ser usadas para o tingir de tecidos, fibras, papel, restaurar obras de arte, colorir alimentos e bebidas e outras aplicações em geral (Figura 32).

Figura 32 - Exemplos de corantes extraídos de fontes naturais



Fonte: Imbarex [s.d.]

De modo geral, os corantes naturais orgânicos pertencem a muitas classes químicas distintas, são encontrados carotenóides, betalaínas, curcuminóides, derivados do ácido carmínico e bixina, clorofila, compostos fenólicos, naftoquinonas, antocianinas e ainda compostos inorgânicos como as argilas em geral. A exploração dos conceitos será iniciada com a classe dos carotenóides na seção a seguir.

5.1 Carotenóides

Os carotenóides são os pigmentos naturais mais utilizados pela população, são empregados em diversos setores, incluindo a indústria de alimentos. Podem ser encontrados em fungos, bactérias, algas e vegetais. Estão presentes em cenouras, tomates, pimentões, brócolis, hortaliças, damasco, manga, laranja e melancia (MARTINS; SUCUPIRA; SOAREZ, 2015) (Figura 33).

Os produtos ricos em carotenóides trazem benefícios para saúde e o seu uso é recomendado, uma vez que podem “reduzir os níveis de colesterol e o risco de certos tipos de câncer, além de proteger contra a degeneração muscular e agirem como antioxidantes”

(CAÑAS e BRAIBANTE, 2019, p.18), auxiliando, portanto, na promoção da saúde e qualidade de vida das pessoas.

Figura 33 - Fontes de extratos dos corantes naturais ricos em carotenóides



Fonte: Carotenóides na preservação... (2016)

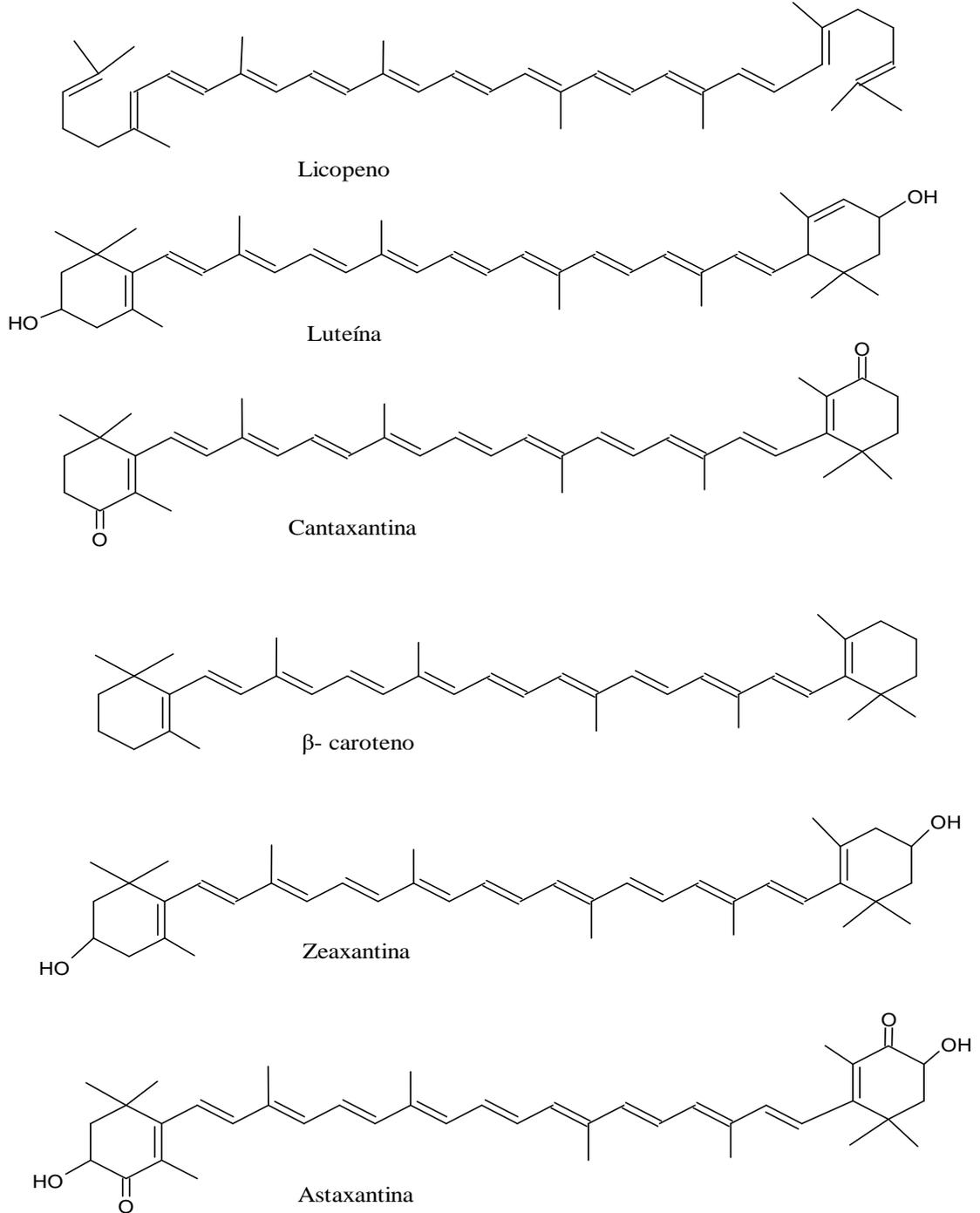
Quimicamente, alguns carotenóides possuem 40 átomos de carbonos com ligações duplas conjugadas em sua estrutura química, sendo chamados de tetraterpenóides (MORAIS, 2006). São classificados em dois grupos: os carotenos, os quais possuem apenas átomos de carbono (C) e hidrogênio (H) e as xantofilas que são compostas por carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O). Os carotenos, a exemplo do licopeno e do β -caroteno, são hidrocarbonetos apolares, solúveis em solventes orgânicos clássicos como o éter de petróleo, diclorometano, dissulfeto de carbono e acetona (MORAIS, 2006, p.10) e pouco solúveis em água. O aquecimento da água aumenta a solubilidade das substâncias, inclusive dos carotenóides em água. Sendo hidrocarbonetos apolares, organizam-se através de forças intermoleculares fracas conhecidas como forças de van der Waals.

Em contrapartida, as xantofilas apresentam grupos substituintes com oxigênio, “como hidroxilas (β -criptoxantina e luteína), grupos ceto (cantaxantina e astaxantina) e epóxi (violaxantina)” (MESQUITA, *et al.*, 2017, p.676) (Figura 34) e, portanto, são mais polares em relação aos carotenos.

“O número de ligações duplas presente em um carotenóide lhe confere as cores amarelo, laranja e vermelho e definem suas propriedades químicas, tais como, o estado de oxidação, reatividade química e a absorção de luz. Qualquer carotenóide deve ter uma “cadeia carbônica que possua de 3 a 15 ligações duplas conjugadas e estes podem apresentar diferentes grupos terminais; o comprimento do cromóforo determina o espectro de absorção e a cor da molécula de carotenóide, sendo que é necessário que existam pelo menos 7 ligações duplas alternadas para que o carotenóide apresente cor” (MORAIS, 2006, p.11). Assim, um

carotenóide como a astaxantina que possui fórmula molecular $C_{40}H_{52}O_4$, 11 ligações duplas conjugadas e, estereoquímica E (*trans*) na porção acíclica, possuirá cor a vermelha.

Figura 34 - Estrutura dos principais carotenos e xantinas



Fonte: Autora (2022)

A absorção de radiação por ligações duplas conjugadas (cromóforo⁴ etileno – C=C) como aquelas encontradas nos carotenóides pode ser explicada através da teoria do orbital molecular (TOM). O arranjo dos orbitais HOMO (Orbital Molecular de Maior Energia Ocupado) – π ligante e LUMO (Orbital Molecular de Menor Energia Desocupado) – π^* antiligantes presentes nestas ligações apresenta energias diferentes e, conforme ocorre a passagem da luz sobre o composto, “é possível que ocorra duas transições eletrônicas havendo a promoção de elétrons do HOMO (ocupado) para o LUMO (desocupado) e esta transição é do tipo $\pi-\pi^*$ ” (MARTINS; SUCUPIRA; SOAREZ, 2015, p.1515). Considerando cromóforos C=C, o número de ligações múltiplas conjugadas diminui a diferença de energia entre os orbitais π e π^* e esse fenômeno permitirá que a molécula absorva radiação (luz) eletromagnética na região do ultravioleta e do visível. Nota-se que nesse caso a presença de grupos alquila ligados ao cromóforo C=C deslocam a absorção para comprimentos de onda maiores. Esse efeito é chamado de efeito batocrômico, pois promove o deslocamento da banda de absorção para os comprimentos de onda na faixa do vermelho do espectro eletromagnético. Por outro lado, o deslocamento da absorção para comprimentos de ondas menores (azul) são designados por efeitos hipsocrômico.

Observando a estrutura química do licopeno e do β -caroteno é possível identificar a presença de vários cromóforos etileno (C=C) conjugados e ligados a grupos alquila (SILVERSTEIN; BASSLER; MORRIL, 1994). Isso, obviamente explica a presença de uma banda de absorção na região de 474 nm para o licopeno e 452 nm para o β -caroteno, como a visão humana enxerga a cor complementar vemos alimentos que tenham essas substâncias com as cores amarelo e laranja (consulte as figuras 27 e 28).

Continuando a exploração dos corantes orgânicos naturais, serão apresentadas nas duas seções seguintes as betalaínas e a genipina.

5.2 Betalaínas

Outro grupo de corantes muito encontrado no dia a dia são as betalaínas. As betalaínas ocorrem principalmente na bunganvília, beterraba, pitaia, acelga e no figo-da-Índia. Apresentam uma coloração amarelo alaranjado e/ou vermelho/violeta. Mais de setenta betalaínas de ocorrência natural já foram identificadas e estão divididas em dois grupos, as Betalaínas

5 Cromóforo: É um grupo insaturado covalente, responsável pela absorção eletrônica (C=C, C=O etc.). MARTINS; SUCUPIRA; SOAREZ, 2015).

betacianinas (Figura 35), que apresentam cor vermelho/violeta (máximo de absorção de 535-538nm), e as betaxantinas, de cor amarela (GONÇALVES, 2018). Assim como os carotenóides, as betalaínas são antioxidantes.

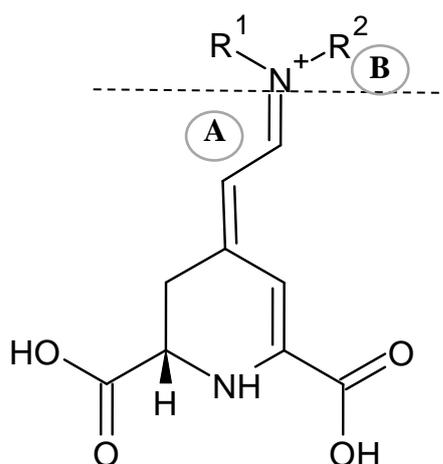
Figura 35 - Beterraba como exemplo de betacianina



Fonte: Barufaldi (2020)

As betalaínas são compostos químicos derivadas do ácido betalâmico (KAPADIA e RAO, 2013), possuem um heterociclo nitrogenado (piperidina), substituído por dois grupos de ácidos carboxílicos, conectada a uma cadeia carbônica insaturada que contém um átomo de nitrogênio (N) catiônico substituído (Figura 36).

Figura 36 - Estrutura química das betalaínas



Fonte: Autora (2022)

Segundo Nakayama, “são caracterizadas por uma estrutura química geral formada pelo ácido betalâmico (parte A da molécula) ligado aos grupamentos R1 e R2” (parte B) (NAKAYAMA, 2020, p.16), como mostrado na Figura 34. É importante ressaltar que os

radicais R1 e R2 podem ser substituintes mais simples, como um átomo de hidrogênio e/ou anéis aromáticos e não aromáticos (VOLP; RENHE; STRINGUETA, 2009; AZEREDO *et al.*, 2016). Podemos verificar isso observando a estrutura química das duas classes de betalaínas: 1) betacianinas, cor vermelho-violeta (Figura 37 e 38) betaxantinas, cor amarelo-laranja (Figura 40). Na betacianinas o nitrogênio catiônico forma um heterociclo do tipo indol com outros substituintes (R1-R3). De outra forma, na betaxantinas o nitrogênio catiônico liga-se a um hidrogênio (R1) e um aminoácido (R2) (SEMEDO, 2012; GONSALVES, 2018).

Figura 37 - A estrutura química da betacianinas

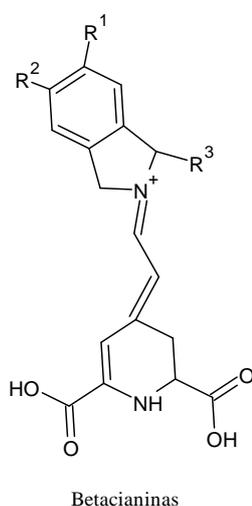
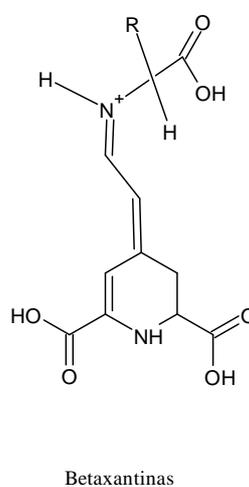


Figura 38 - A estrutura química da betaxantinas



Fonte: Autora (2022)

As betalaínas tem sua cor influenciada por mudanças no pH do meio e a altas temperaturas. De acordo com Luzardo-Ocampo, as betacianinas são sensíveis a luz e ao oxigênio do ar, degradando-se para formar ácido betamínico e ciclodopa (LUZARDO-OCAMPO, 2021).

Por fim, as betalaínas são moléculas polares e, desta forma, solubilizam-se em solventes igualmente polares como a água e os álcoois. Assim, quando em solução, as betalaínas organizam-se por forças intermoleculares do tipo dipolo-dipolo ou ligações de hidrogênio.

5.3 Genipina

Muito representativa da cultura indígena brasileira, a genipina, também denominada de genipa americana, é a matéria-prima extraída do fruto do jenipapo (Figura 39) (SOUZA, 2022). A palavra vem de origem tupi-guarani *nhandipab jandipap*, que significa “fruto para pintar ou tatuar o corpo” (VANUCHI; BRAIBANTE, 2008, p.59). A planta que produz o

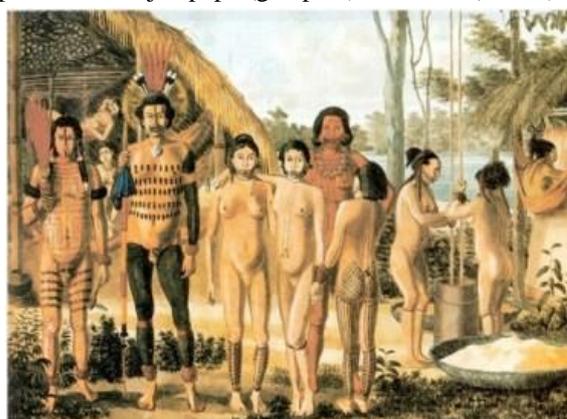
jenipapo, o jenipapeiro, foi mencionada na primeira carta escrita por Pero Vaz de Caminha ao rei de Portugal, Dom Manuel, em 1500. Nessa carta, Caminha destaca a cor da pele dos habitantes da terra recém-descoberta (indígenas) e da pintura avermelhada e preta que sobressaía de seus corpos (Figura 40). A extração e o uso do pigmento genipina pelos povos nativos do Brasil chamou a atenção dos colonizadores portugueses e foi crucial para a exportação de muitas especiarias para Europa. O fruto continua sendo utilizado pelos índios e tem colaborado fortemente com a trajetória cultural desses povos (BOLZANI, 2016).

Figura 39 - Fruto jenipapo



Fonte: Bolzani (2016)

Figura 40 – Arte Maloca dos Apiaká no rio Arinos, de Hercules Florence (abril, 1828), representa os índios pintados com jenipapo (genipina) e urucum (bixina).



Fonte: Bolzani (2016)

Mas afinal, qual é o componente deste fruto responsável pela tatuagem de cor preta, que tanto interesse despertou nos colonizadores europeus?

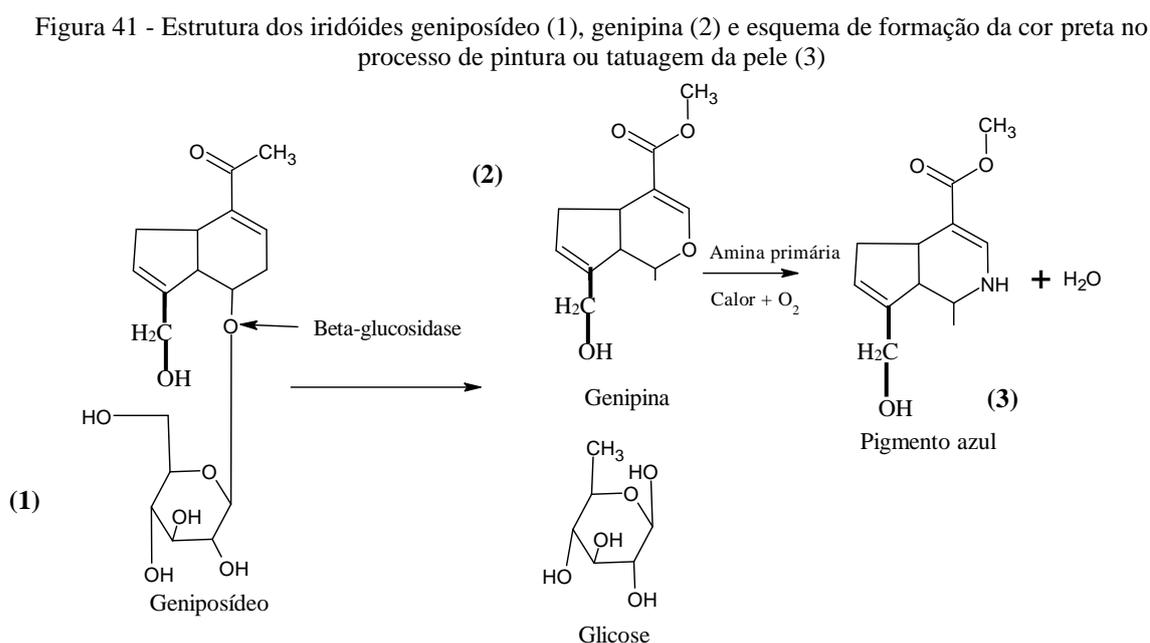
O jenipapo contém uma série de substâncias pertencente a classe dos iridóides, um tipo de monoterpene⁵ com vários substituintes oxigenados, de estrutura química muito particular e de ocorrência apenas a algumas famílias vegetais (DJERASSI, *et al.*, 1961 apud ALVES e MING, 2015). Independentemente de o fruto estar maduro ou não, o jenipapo contém um iridóide natural, a genipina, que possui coloração azul escuro quando ocorre uma reação enzimática de hidrólise do ácido geniposídeo no fruto.

A estrutura química da genipina (Figura 41) é formada por uma cadeia carbônica que contém grupos hidroxilas e éster. Quando reagem com aminas primárias de proteínas ou aminoácidos presentes na pele, através de uma reação de substituição biomolecular (S_N2) na

⁵ Monoterpenos - substâncias naturais com 10 átomos de carbono, obtidas a partir de 2 unidades isoprênicas (FELIPE *et al.*, 2017).

presença de oxigênio 1, origina um corante azulado, solúvel em água e estável entre os pH 4 e 9 (VANUCHI e BRAIBANTE, 2008, p.60; BELLÉ, 2017).

A genipina é composto polar, assim como as betalaínas, e sua obtenção é possível através de mistura líquido-líquido de solventes como água e o etanol. Ao analisar e aprofundar os estudos acerca do fruto, nota-se que o “extrato obtido do jenipapo possui alguns efeitos farmacológicos muito interessantes, por exemplo, é capaz combater os danos oxidativo (antioxidante) e também agir na inibição de tumores” (ROVARIS, 2020, p.23).



Fonte: Autora (2022)

Corante e tintura não são a única aplicabilidade do jenipapo, ele também é utilizado para produção de licor, geleias, marmeladas e sorvetes (MORTON, 1987). Segundo Souza (2022, p.27), o uso do jenipapo traz benefícios na medicina, “em princípio pode ser usado por pessoas que fazem quimioterapia para controle das plaquetas do sangue, e é também considerado afrodisíaco em alguns lugares”.

Tendo nos lembrado da importância da genipina para a expressão artístico-cultural dos nossos índios, não poderíamos deixar de abordar o corante natural orgânico vindo do pau-brasil.

5.4 Pau-brasil e a Brasileína

O pau-brasil é um dos exemplares mais representativos da flora brasileira. A importância desta árvore é tão grande que o país recebeu o seu nome, República Federativa do Brasil.

De acordo com o National Geographic Brasil, os portugueses já conheciam uma árvore de madeira vermelha do mesmo gênero da *Caesalpinia echinata* chamada de bresil ou bersil. Assim, com a descoberta da espécie aqui, ela também passou a ser chamada de “bresil” e depois brasil.

“Bresil” quer dizer “vermelho como brasa”, fazendo uma referência ao pigmento vermelho presente no interior do tronco da árvore do pau-brasil. Os povos originários chamavam essa árvore de Ibirapitanga que significa “madeira vermelha” na língua tupi e ajudaram os portugueses a encontrar os exemplares de pau-brasil nas matas brasileiras (NATIONAL GEOGRAPHIA, 2022).

Mas que corante vermelho é esse que pode ser extraído do tronco do pau-brasil? O nome desse corante orgânico extraído é brasileína (Figura 42).

Figura 42 - Imagens do tronco da árvore pau-brasil



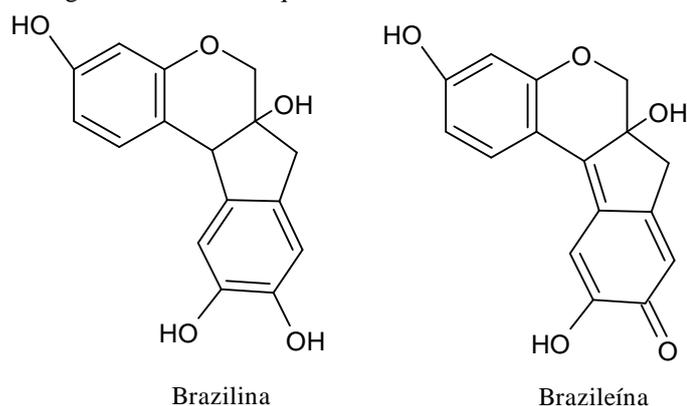
Fonte: National Geographia (2022)



Fonte: National Geographia (2022)

A brasileína ou brazileína é um composto orgânico de cor vermelha do tipo fenoldienônico, forma-se como resultado de uma reação de oxidação de um produto natural da classe dos catecóis, a brasilina, que é incolor. A Figura 43 representa a estrutura química da brasileína (vermelha) e da brasilina (incolor).

Figura 43 - Estrutura química da brasilina e da brasileína



Fonte: Autora (2022)

Quimicamente falando, a oxidação da brasilina ocorre quando o pigmento é extraído por solventes orgânicos e soluções aquosas, tais como álcool etílico, éter etílico e soluções alcalinas em presença de oxigênio do ar e de luz. A estrutura química da brasilina oxidada se transforma em brasileína (DO CARMO SERRANO; LOPES; SERUYA, 2008; VANUCHI; BRAIBANTE, 2008). A brasileína tem características de um pigmento, porém apresenta uma variação de cores amarelas e uma fluorescência esverdeada em meios acidificados (DO CARMO SERRANO; LOPES; SERUYA, 2008).

Foi o químico francês, Michel E. Chevreul, que isolou pela primeira vez o corante extraído do pau brasil, dando-lhe o nome de brasilina. Chevreul havia trabalhado em uma famosa fábrica de tapetes europeia, a Gobelins. Além de Chevreul, William Perkin, químico conhecido por ser o criador dos corantes sintéticos (preparados em laboratórios), também estudou os componentes químicos do pau Brasil. Porém, foi Robert Robinson que descobriu a correta estrutura química da brasilina mais de século depois de sua descoberta. A síntese orgânica ou preparação em laboratório da brasilina só foi possível em 1955 e, apenas em 1970, Robinson publicou os seus resultados.

O pau-brasil foi utilizado por muitos anos no tingimento de tecidos, porém, a ameaça de extinção interrompeu a extração e utilização dessa espécie para finalidade de corante de tecidos, o que resultou na abertura de espaço para o uso e produção de corantes sintéticos. A descoberta, produção em laboratório e uso dos corantes sintéticos impediu a total extinção desta bela e importante árvore da nossa Mata Atlântica, o pau brasil, e mostrou mais uma vez que os conhecimentos científicos podem ser usados na resolução de problemas observados no cotidiano.

5.5 Flavonóides e Antocianinas

Antocianinas, palavra que vem do grego *anthoskyanos* (*anthos*, uma flor, e *kyanos*, azul escuro) (LOPES et al., 2007), são um grupo de pigmentos comum e que, em comparação com outros pigmentos vegetais como a genipina e brasileína, são muito mais facilmente encontradas. As antocianinas estão presentes em flores, frutos e alguns legumes e lhes conferem cores que variam do vermelho ao azul. Nos frutos, encontramos antocianinas nas uvas, morangos, amoras, cerejas, jaboticaba, jambolão ou azeitona roxa, na pele de frutos escuros, nas folhas do repolho roxo, beterraba, berinjela e nos grãos (feijão) (MALACRIDA e MOTA, 2006) (Figura 44).

Figura 44 - Produtos do cotidiano, fontes de antocianinas



Fonte: Lopes (2020)



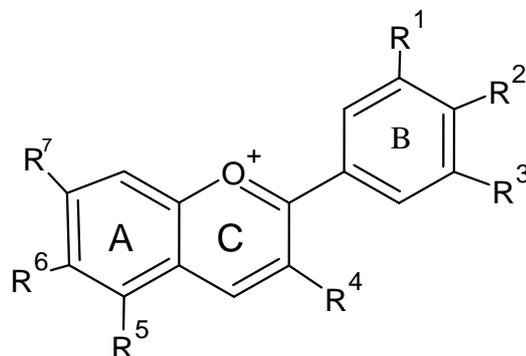
Fonte: A vitalidade é roxa (2020)

Aqui fica a pergunta, mais que tipo de substâncias química são as antocianinas?

Segundo Lopes *et al.* (2007), as antocianinas fazem parte de um extenso grupo de substâncias naturais chamadas de flavonóides. Os flavonóides tem estrutura tricíclica polifenólica, constituída de 15 carbonos distribuídos em dois anéis aromáticos (A e B - Figura 45 e 46) interligados por meio de um heterociclo pirânico, que pode conter um grupo carbonila ou não (anel C). Podem ser flavonas ou flavonóis.

As antocianinas são uma das principais representantes dos flavonóides possuem um núcleo básico *flavilium* (cátion 2-fenilbenzopirílio) (MALACRIDA e MOTA 2006). Os radicais (R1-R7) apresentados na estrutura podem ser grupos H, OH e OCH₃, com isto cada grupo R fornecerá propriedades químicas e físicas distintas para o composto final (CAMPOS, 2006 *apud* GUIMARÃES, 2019, p.17).

Figura 45 - Estrutura genérica das antocianinas



Fonte: Autora (2022)

A estrutura química das antocianinas em geral é caracterizada em “policíclica de 15 átomos de carbono com o cátion flavílico (2-fenilbenzopirílio), hidroxilas livres nas posições 3, 5 e 7, na qual os substituintes que se ligam definem a estrutura de cada antocianina e um ácido orgânico” (SANTOS, 2017, p.21). A figura 46 apresenta grupos substituintes R de algumas antocianinas. Segundo Domingui *et al.* (2014), as antocianinas são altamente solúveis em água. Além de possuir possibilidade de ressonância de cargas em sua estrutura.

Figura 46 - Grupos de radicais e substituintes que podem constituir a antocianinas

Antocianinas	R ₁	R ₂	R ₃
Cianidina	OH	OH	-
Peonidina	OCH ₃	OH	-
Delfinidina	OH	OH	OH
Malvinidina	OCH ₃	OH	OCH ₃
Peonidina	OCH ₃	OH	OH

Fonte: Autora (2022)

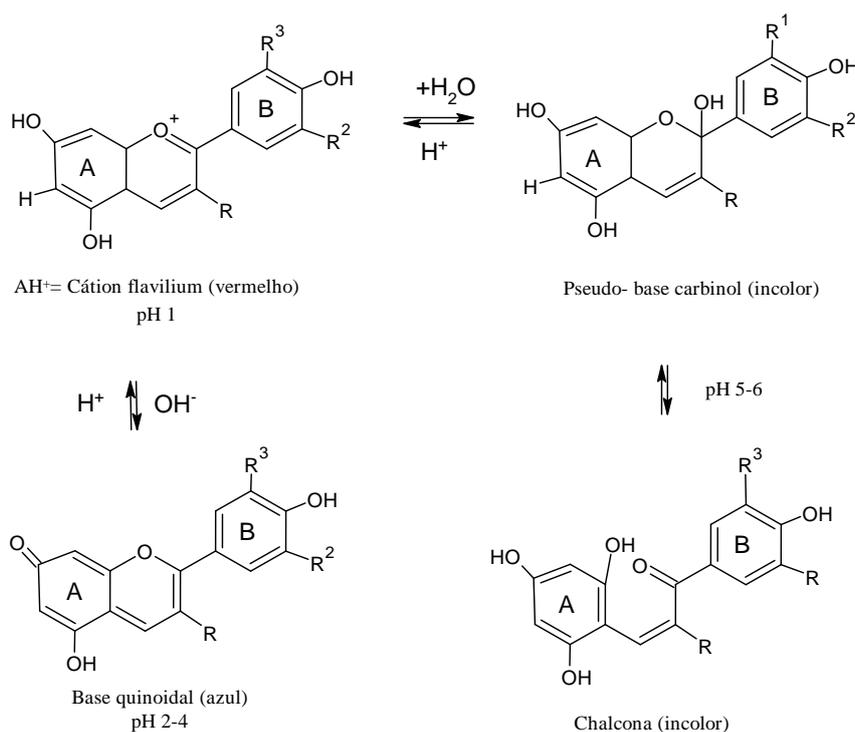
As antocianinas como corantes são estáveis sob condições específicas de pH. Desta forma, a estrutura química das antocianinas apresenta um equilíbrio químico importante para a mudança de cor dependendo do meio. Isto porque em solução acidificada a estrutura é catiônica e possui coloração vermelha cátion *flavilium* (2-fenilbenzopirílio) e com o aumento do pH do meio, ocorre a desprotonação da estrutura que possui cor azul (*quinodal*) (GUIMARÃES, *et al.*, 1984; LOPES *et al.*, 2007; SANTOS, 2017, p.21).

Na literatura, as características de coloração das antocianinas são justificadas pela estabilidade química do composto formado, por isto o meio acidificado com pH inferior a 2

(antocianina) apresenta maior estabilidade, isto porque em meio ácido o cátion *flavilium* está em equilíbrio com a sua base conjugada quinoidal, desprotonada em meio básico (Figura 47 - equilíbrio da esquerda). Manter o pH ácido diminui as possibilidades de ataques nucleofílicos pela molécula de água e, conseqüentemente, a formação das substâncias incolores carbinol B em equilíbrio com chalcona (Figura 47 - equilíbrios da direita) (FRANCIS,2000; MOREIRA JUNIOR, 2003).

Segundo Brouillard (1982) e Guimarães (2019), sendo compostos coloridos, as antocianinas absorvem radiação na região de comprimento de onda entre 350 a 380 nm (ultravioleta) e também, são capazes de absorver fortemente luz na região do visível entre 496 e 550 nm. O espectro de luz visível varia do vermelho ao azul e a mistura de ambas produz a coloração púrpura (SILVA, 2011, p.3).

Figura 47 - Transformações estruturais das antocianinas em mudança de pH



Fonte: Autora (2022)

As antocianinas são poderosos antioxidantes e, por isso, são usados na indústria de alimentos para dar cor e proteção contra os processos de degradação por oxidação de vários alimentos encontrados nas prateleiras dos supermercados, por exemplo, na produção de sorvete.

Existem inúmeros exemplos de pigmentos nas cores azul, roxa e todas as tonalidades de vermelho, ricos em antocianinas presentes na natureza em flores, frutos, algumas folhas, caules e raízes de plantas (MALACRIDA e MOTTA, 2006; FRAUCHES 2017). Essa classe de

corantes orgânicos também é bastante usada como indicador natural para atividades experimentais de Química em sala de aula no ensino básico, sendo o extrato do corante do repolho roxo o mais utilizado para identificar a mudança do pH de uma solução (SILVA *et al.*, 2009; CUNHA e LIMA, 2022) (Figura 48).

Figura 48- Indicador ácido-base a partir do repolho roxo



Fonte: Como Funciona... (2019)

Além disso, existem muitos métodos de extração de pigmentos constituintes de antocianinas e estes são bastante variados. A escolha do procedimento adotado de extração está associada ao tipo de matéria-prima e aos objetivos pretendidos na extração (SILVA, 2011).

Diante do que foi apresentado sobre a natureza química dos corantes naturais e suas diversas aplicações no cotidiano, foi possível identificar várias possibilidades de abordagem dos conceitos de química em sala de aula de forma dinâmica, interdisciplinar e contextualizada.

Considerando, então, o objetivo deste material didático, que é nortear a prática pedagógica do professor sob a perspectiva dos normativos educacionais atuais, serão apresentadas nas seções a seguir propostas de três atividades que poderão ser desenvolvidas em sala de aula, explorando a química na interface com a arte.

O caderno temático inclui ainda planos de aula (APÊNDICE A) para orientar os professores acerca dos conceitos essenciais para aprendizagem no ensino de Química, com o propósito de ampliar os conteúdos químicos, a alfabetização científica, por meio de uma aprendizagem efetiva.

Nesta etapa, são disponibilizados planejamentos que orientam o professor sobre os conceitos educacionais referentes a temática e que dialogam com as áreas de Ciências da natureza e da Arte. Os documentos estão sistematizados considerando a seguinte sequência: o tema da unidade, duração da aula, conteúdos abordados, objetivos, recursos didáticos, organização do desenvolvimento das tarefas do docente em sala de aula e avaliação da aprendizagem.

Nos planos estão dispostas orientações que buscam contribuir para um trabalho mais eficaz e sintonizado com os documentos normativos da educação básica, a fim de transcender

a fragmentação dos saberes e direcionar atividades que contemplem a conexão entre as áreas do conhecimento no contexto real e escolar, tal como recomenda Sobrinho (2013). Nos planos estão dispostas orientações que buscam contribuir para um trabalho mais eficaz e sintonizado com os documentos normativos da educação básica, a fim de transcender a fragmentação dos saberes e direcionar atividades que contemplem a conexão entre as áreas do conhecimento no contexto real e escolar, tal como recomenda Sobrinho (2013).

6. PROPOSTAS DE ATIVIDADES PRÁTICAS PARA SEREM TRABALHADAS EM SALA DE AULA

Nas atividades propostas a seguir o professor poderá discutir, de forma contextualizada, e explorar uma série de conceitos como pH em função do equilíbrio químico das espécies em solução, impacto do pH do meio na modificando a estrutura através do aparecimento de cores, indicadores de ácido-base, grupos funcionais orgânicos e cor das substâncias orgânicas, cor absorvida e cor transmitida, assim como ressonância e carga formal.

Na atividade 1, é proposta a construção de uma paleta de cores usando o extrato vegetal contendo antocianinas. Aqui, em particular é sugerido que a paleta seja construída com o extrato do jamelão ou brinco de viúva, fruto abundante no estado de Alagoas e muito popular em nossa região. Esta atividade foi denominada “construção da paleta de cores usando extrato de jamelão (Brinco de viúva). A atividade 2, intitulada “Produção de Tintas a Partir de Corantes Naturais em Sala de Aula”, propõe a utilização de temperos, condimentos e argilas naturais encontrados em lojas de alimentos naturais para preparação de tintas.

Finalmente, na atividade 3, nomeada de “Quimiarte - Pintando o 7 na Escola com Corantes Naturais (Exposição das Pinturas)”, o professor poderá incentivar os estudantes a produzir seus próprios desenhos a fim de promover uma atividade lúdica como uma exposição de artes com os pigmentos produzidos.

O professor deverá organizar as atividades de acordo com a faixa etária, conhecimentos prévios e grupo de estudantes a fim de melhor explorar a temática e produzir as correlações de conceitos e saberes de forma eficiente.

6.1 Atividade 1: construção da paleta de cores usando extrato de jamelão (Brinco de Viúva)

Esta sugestão de atividade vai utilizar como estratégia a experimentação. O experimento consiste em construir uma paleta de cores com produtos do cotidiano explorando o conceito de pH. Como indicador ácido-base natural, será utilizado o extrato do jamelão ou brinco de viúva.

O jamelão, muito comum em Alagoas, também é conhecido como brinco de viúva ou azeitona roxa. Faz parte da espécie *Syzygium Cumini* que está geograficamente distribuída em várias regiões do Brasil, em especial nas regiões norte, nordeste e sudeste (FRAUCHES, 2017, p.35). Faz parte da família *myrtaceae* e é originário da Indonésia e da Índia.

Figura 49 - Frutos maduros do jamelão



Fonte: Vizzotto e Pereira (2008)

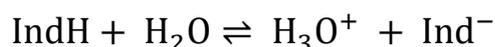
As características físico-químicas do corante obtido a partir do jamelão já foram identificadas em análises e descritas na literatura, entre os parâmetros apresentados pelo extrato, temos a coloração púrpura, o odor doce, aspecto oleoso, solubilidade parcial em água, solúvel em substâncias oleosas e o pH =3,0 (SOUZA, 2020, p.32). A produção de corante a partir do jamelão pode ser encontrada no ANEXO A do caderno temático.

A construção da paleta de cores da atividade proposta deve ocorrer por meio da investigação das propriedades ácido-base de produtos encontrados no dia a dia e em casa utilizando o extrato de jamelão.

Nesse caso, o extrato será o nosso indicador-ácido-base. Mas o que é isso?

Um indicador de ácido-base é uma substância química ou corante, solúvel em água, cuja cor depende do pH da solução. A realização do teste usa um método simples, com poucos materiais e de rápida determinação de pH de uma solução contendo produtos do dia a dia com o auxílio de um extrato vegetal (ATKINS e JONES, 2006), neste caso, o extrato do jamelão rico em antocianinas.

O indicador ácido-base pode ser um ácido orgânico ou uma base fraca orgânica que possui uma coloração peculiar que, em desprotonação, forma um par conjugado de base ou ácido de outra cor, como representado na reação em equilíbrio de um indicador ácido genérico a seguir.



Por estar em equilíbrio químico há uma combinação de cores de IndH e Ind⁻. A eficiência do indicador é percebida quando a cor IndH é nitidamente diferente da cor da base conjugada Ind⁻.

Nesse caso, a ionização do indicador ocasiona a mudança de cor e no deslocamento do equilíbrio químico, a cor da base conjugada, predomina na solução (SKOOG et al., 2006). Em meio ácido, a cor que predomina é a da forma não ionizada (IndH). Dessa forma, por serem substâncias ácida ou básica fraca, e tem sua cor (cromóforo) influenciada fortemente o pH.

De acordo com a definição do Bronsted- Lowry para um ácido e uma base.

Um ácido é um doador de próton e uma base é um aceitador de prótons. O termo próton refere-se ao íon hidrogênio H⁺.

Um ácido é uma espécie que contém um átomo de hidrogênio ácido, isto é, um átomo de hidrogênio que pode ser transferido para outra espécie, que age como base.

Este processo de transferência de próton para outra molécula, é denominado de desprotonação, como observamos na molécula IndH que fica desprotonada. Por ser um ácido fraco, sua desprotonação ocorre parcialmente em solução (ATKINS e JONES,2006).

A partir da equação da Henderson-Hasselbalch é possível entender que para ácido fraco, pode-se definir o pKa como sendo o valor de pH de uma solução, na qual a concentração da espécie ácida é igual à da básica (ou seja, $\{[HIn]/ [In^-]\} = 1$, portanto, $\log \{[HIn]/[In^-]\}=0$). Desta forma, em pH ácido o indicador se encontra protonado.

Equação de Henderson-Hasselbalch

$$pka = pH + \log \left(\frac{[IndH]}{[Ind^-]} \right)$$

Por outro lado, em solução alcalina, o equilíbrio do indicador desloca para o sentido da direita, pois o aumento do pH, ocorre uma rápida desprotonação para formar a conjugada base e carregado negativamente, conforme a reação de equilíbrio.

Na predominância da cor está relacionada com o valor do pKa do ácido ou da base conjugado, ou seja, quanto maior o pKa do ácido conjugado, mais forte será a base e assim vice-versa.

Para a produção das paletas de cores apresentadas nas figuras 48 e 49, foi utilizado o extrato de jamelão adicionado aos seguintes produtos: (1) ácido clorídrico (ácido muriático), (2) ácido sulfúrico, (3) suco de limão, (4) vinagre , (5) refrigerante, (6) café solúvel, (7) água da torneira, (8) detergente líquido, (9) shampoo diluído em água, (10) efervescente dissolvido em água, (11) limpa forno, (12) sabão em pó dissolvido em água, (13) bicarbonato de sódio dissolvido em água, (14) leite de magnésio, (15) água sanitária, (16) soda cáustica diluída em água. No experimento, foram acrescentados 4 mL de cada reagente em tubos de ensaio enumerados de 1 a 16, conforme sequência listada anteriormente. Com o auxílio de um conta-

gotas, posteriormente foi adicionado aproximadamente 1 mL do indicador extrato de Jamelão em cada tubo e observada a mudança de coloração.

A obtenção do extrato de jamelão ocorreu de duas formas, na primeira, foi utilizada apenas água como solvente. Nesse processo, 81 gramas de jamelão foram despulpados manualmente e triturados em um liquidificador com 240 mL de água, a solução formada foi separada por meio da peneira. Na segunda, foi realizado o mesmo procedimento, porém, utilizando como solvente uma mistura de água-etanol (álcool 56° INPM) na proporção 50:50 (v/v). A atividade foi executada em um tempo aproximado de duas horas/aulas (120 minutos).

Figura 50 - Paleta de cores utilizando os reagentes do cotidiano com indicador extraído com água.



Fonte: Autora (2022)

Figura 51 - Paleta de cores utilizando os reagentes do cotidiano com indicador extraído da mistura de água-etanol 50:50 (v/v)



Fonte: Autora (2022)

6.2 Atividade 2: produção de tintas a partir de Corantes Naturais em Sala de Aula

Esta atividade consiste em ensinar métodos simples e de baixo custo na obtenção corantes naturais.

Para facilitar a aquisição de material, é sugerida a utilização de alguns corantes naturais sólidos utilizados na culinária e para fins fitoterápicos, dentre eles, o urucum (laranja), o açafrão (amarelo), a páprica (vermelho), o pó de hibisco (vermelho-rosa), o café solúvel (marrom), o pó extraído do jamelão (roxo) e a argila (preta, verde, branca, rosa etc.). A extração do pó do jamelão está descrita no Anexo A deste caderno temático.

Para alcançar sucesso na produção da tinta, deve-se misturar um dos corantes propostos a um aglutinante. Os aglutinantes são substâncias que auxiliam na aderência do corante na superfície do material no qual será aplicado. Isto ocorre porque o aglutinante faz uma liga entre o corante e o material (SERRATE, 2011, p14; BERMOND, 2016, p.3; SOUZA,

2020, p.23). O aglutinante deve ser incolor e não pode interferir na tonalidade e coloração do corante.

Segundo Serrate (2011) e Oliveira (2022), os aglutinantes são substâncias de origens variáveis, que unem as partículas dos corantes formando estruturas químicas fortes e adesivas que ao sofrer com os efeitos oxidativos, intensificam a sua aderência na superfície dos materiais.

Nesta atividade, foi utilizada a cola branca como aglutinante na produção dos corantes, a partir da mistura de colorante (urucum, açafrão etc.) com o aglutinante até formar uma pasta. Outros aglutinantes que podem ser testados na atividade são: banha de porco, óleo de girassol e ovo.

No processo de obtenção dos corantes é necessário medir 10 g do reagente em pó de interesse, acrescentar duas colheres de cola branca (aglutinante) e homogeneizar a amostra com ajuda de um bastão até que ela se transforme em uma pasta, e deixar a pasta descansar por um minuto.

A cola branca é um polímero sintético composto de acetato de polivinila (PVA) que é uma macromolécula orgânica e apresenta cadeia carbônica longa, formada por reações de polimerização, através da união de monômero de acetato de vinila. Suas principais características são: alto peso molecular, alta adesividade, transparência e incolor. Pouco solúvel em água, mas tornar-se dispersa em meio aquoso na presença de um agente emulsificante. Após aplicada nos materiais, a água evapora e o polímero interage aderindo mais eficazmente na superfície do material (CONSTANT, 2003, p.19).

Nesta atividade podem ser explorados conteúdos como o estudo das funções orgânicas, propriedades químicas dos aglutinantes e suas estruturas químicas, importância das tintas óleos e suas principais fontes e função química.

Os corantes (tintas naturais) produzidos nesta atividade podem ser utilizados na confecção de pinturas em telas na oficina proposta na atividade 3 a seguir. Esta atividade 2 pode ser executada em um tempo aproximado de duas horas/aulas (120 minutos).

6.3 Atividade 3: Quimiarte – Pintando o 7 na escola com corantes naturais (exposição de pinturas)

Para finalizar a metodologia proposta no caderno temático sobre corantes naturais na interface com a arte, a sugestão de atividade é que os alunos confeccionem pinturas em telas através de uma oficina de artes, utilizando como material os corantes obtidos na atividade 2.

A estrutura da oficina foi planejada para duração de duas horas/aulas presenciais. Logo após a criação das pinturas, é importante elaborar uma socialização da comunidade escolar, através de uma exposição das pinturas com os desenhos confeccionados pelos discentes, com o objetivo de motivar o trabalho em equipe, a interdisciplinaridade, a contextualização, servindo como modo de descontração e avaliação dos resultados obtidos, por intermédio dos corantes produzidos em sala de aula.

7. REFERÊNCIAS

- A ARTE PRÉ-HISTÓRICA no Parque Nacional da Serra da Capivara. **Arte & Cultura: Postagens sobre Patrimônio Cultural Moderno e Contemporâneo**, 02 maio 2016. Revista. Disponível em: <<http://museologiaufmg2015.blogspot.com/2016/05/a-arte-pre-historica-no-parque-nacional.html?view=magazine>> Acesso em: 20 jan.2020.
- A VITALIDADE é roxa. **Revista Sociedade da Mesa: Clube de vinhos**, 2017. Disponível em:<<https://revista.sociedadedamesa.com.br/2017/07/vitalidade-e-roxa/>>: Acesso: abr.2022.
- AIDAR, Laura. Arte-educadora e Artista Visual. **Toda matéria**. Arte Rupestre. 2022. Disponível em: < <https://www.todamateria.com.br/arte-rupestre/>> Acesso em: 16 fev. 2022.
- ALVES, Lucio Ferreira; MING, Lin Chau. Chemistry and pharmacology of some plants mentioned in the letter of Pero Vaz de Caminha. **Ethnobiology and Conservation**, v. 4, 2015. Disponível em: <<file:///C:/Users/maria/Downloads/upa,+Alves+LF-final.pdf>> Acesso em: out.2022.
- ATKINS, P.; JONES, L.; Princípios de Química, questionando a vida moderna e o meio ambiente; 5ª Ed, **Bookman Companhia Ed.**, 2006.
- AZEREDO, Laís dos Santos *et al.*.CORANTES: NATURAIS E ARTIFICIAIS. **Universo Campos dos Goytacazes**, Rio de Janeiro, v 2, n 6, p 17,2016. Disponível em:<<http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=1CAMPOSDOSGOYTACAZES2&page=article&op=viewFile&path%5B%5D=3453&path%5B%5D=2337>> Acesso em: jan.2022.
- BARRA,Cristina Maria, et.al. Especificação de Arsênio- Uma revisão. **Química Nova na Escola**, v.23, p.58-70, 2000.disponível em:
<https://www.scielo.br/j/qn/a/f7XfBNqWBS7PTDRhsmkZ5Hp/?format=pdf&lang=pt> > Acesso: 23 de Jan. 2021.
- BARUFALDI, Maurício- Betalaínas. **Linkedin**,30 jan. 2020. Disponível em:
<<https://pt.linkedin.com/pulse/betala%C3%ADnas-colora%C3%A7%C3%A3o-p%C3%BArpura-das-beterrabas-%C3%A9-da-alta-barufaldi>> Acesso: 23 de Jan. 2022.
- BELLÉ, Anelise Stein. **Extração de genipina a partir do jenipapo (genipa americana linnaeus) para imobilização de enzimas**. Dissertação (Mestrado)-Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/172109>> Acesso em: ago.2021.
- BENTES, Ádria de Sousa. **Avaliação do potencial de obtenção de pigmento azul a partir de frutos de Jenipapo (Genipa Americana L.) verdes**. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais) – Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Pará. 2010. Disponível em:<<https://ppgcta.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2010/%C3%81dria%20Bentes.pdf>>. Acesso: nov. 2022.
- BERMOND, Jhon. Apostila intuitiva de pigmentos naturais. **Arte da Terra**, 2016.

BOLZANI, Vanderlan. **A beleza invisível da biodiversidade genipina, o princípio ativo do preto das pinturas no corpo de índio brasileiro**, 21 de Jun. 2016. Disponível em: <<https://ciencianarua.net/a-beleza-invisivel-da-biodiversidade-genipina-o-principio-ativo-do-preto-das-pinturas-no-corpo-de-indios-brasileiros/>> Acesso em: ago.2022.

BONDIOLI, F.; MANFREDINI, T.; OLIVEIRA, APN de. Pigmentos inorgânicos: projeto, produção e aplicação industrial. **Cerâmica Industrial**, v. 3, n. 4-6, p. 13-17, 1998.

BORDINHÃO, Jacqueline Pintor; SILVA, Elias do Nascimento. O uso dos materiais didáticos como instrumentos estratégicos ao ensino-aprendizagem. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, ano MMXV, n. 000073, 2015. Disponível em:<https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/o_uso_dos_materiais_didaticos_como_instrumentos_estrategicos_ao_ensino-aprendizagem.pdf>. Acesso 21 maio 2022.

BORGES, G. L. de A. Cadernos de formação: formação de professores e didática de conteúdos, v. 10. São Paulo: **Cultura Acadêmica**, 2012.

BROUILLARD, R. Estrutura química das antocianinas. Em Markakis, P., ed. Antocianinas como corantes alimentares. **Academic Press**, Nova York, pp 1-40 (1982).

BRASIL, MEC. Ministério da Educação e Cultura. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação**. Brasília, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm Acesso em: jan.2022.

BRASIL, MEC. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília, 2017. Disponível em:<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf>. acesso em 10 Abr .2022.

CAÑAS, Gustavo JS; BRAIBANTE, Mara EF. A química dos alimentos funcionais. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 3, p. 216-223, 2019.

CANOVAS, Devanir Pereira dos Santos. **Uma proposta de sequência didática para o ensino do tema luz e cores**. 2018. 111 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018. Disponível em:<<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3028/1/sequenciadidatic LuzCores.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

CAROTENÓIDES na preservação de Doenças. **Aditivos e ingredientes**, 2016. Disponível em:<https://aditivosingredientes.com/upload_arquivos/201605/2016050456709001463863327.pdf>. Acesso em: jun.2021.

CARVALHO, Carolina Ribeiro de. **Estudo da cor e de argamassas de revestimento de edifícios do Centro Histórico de Tomar**. Dissertação (Mestrado)- Instituto Politécnico de Tomar, Escola Superior de Tecnologia de Tomar,2011.

CARVALHO, Denize Piccolotto et al. **A utilização da pigmentação natural como meio sustentável e cultural no ensino das Artes**. 2015a.

CARVALHO, Lu Dias. Pompeia – a vila dos mistérios. **Vírus da arte & cia**, 17 jul. 2015b. Disponível em: <<https://virusdaarte.net/pompeia-a-vila-dos-misterios/>>. Acesso: em 21 nov. 2022.

CARVALHO, Maria do Socorro. Caravaggio: imagens de um mundo barroco. PORTO ARTE: **Revista de Artes Visuais**, v. 6, n. 10, 1995. Disponível em: file:///C:/Users/maria/Downloads/27557-Texto%20do%20artigo-106044-1-10-20120421.pdf Acesso em 07 jan.2022.

CASADIO, Francesca; ROSE, Volker. High-resolution fluorescence mapping of impurities in historical zinc oxide pigments: Hard X-ray nanoprobe applications to the paints of Pablo Picasso. **Applied Physics A**, Volume 111, Issue 1, pp.1-8, 2013. Disponível em:<https://www.academia.edu/16892756/High_resolution_fluorescence_mapping_of_impurities_in_historical_zinc_oxide_pigments_hard_X_ray_nanoprobe_applications_to_the_paints_of_Pablo_Picasso.>: acesso em:17 nov. 2022.

CHAIBUB, T. **A Experiência e o Ensino da Cor: apontamentos teóricos e práticos**. Monografia- (Graduação). Instituto de Artes Plásticas- Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/21622/1/2017_ThiagoChaibub_tcc.pdf>. Acesso em: dez.2020.

Como funciona o indicador de ph a base de repolho roxo?. Saber atualizado. Ciência, Fauna e Flora, 2019. Disponível em:<<https://www.saberatualizado.com.br/2019/11/como-funciona-o-indicador-de-ph-base-de.html>> Acesso em: set.2022.

CONSIGLIO, Keka. Os segredos da capela sistina. **Isto é News**.18.mai.2021. Disponível em:<<https://istoe.com.br/os-segredos-da-capela-sistina/>>. Acesso em: jun.2022.

CONSTANT, Patrícia Beltrão Lessa. **Extração, caracterização e aplicação de antocianinas de açaí (Euterpe oleracea, M)**. 183f. Tese (Doutorado) Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/8994/1/texto%20completo.pdf>> Acesso em: fev.2021.

CORRÊA, Ana Angélica *et al.*. Michelangelo: uma contribuição à Anatomia. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 11, 2008. Disponível em:<http://www.faeF.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/w0WGtRfsDBVK61p_2013-6-13-15-51-18.pdf>. acesso em: 06 jun. 2022.

CORRÊA, V, P. **Azul na História da Artes**. Monografia (Graduação)- Instituto de Artes, História da Arte, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p-34.2017. Disponível em:<<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/172891/001060501.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: dez.2021.

COSMO, Pedro Henrique Araújo. **Cores: um estudo sobre a estrutura da matéria**. Monografia (Graduação)- Curso de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, p106, 2019. Disponível em:

<http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/25022/1/PB_DAQUI_2019_2_6.pdf> Acesso em: out.2020.

CHASSOT, Attico. *Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação*. 7.ed. **Ijuí:Unijuí**, 2016.

CRUZ, António João. **Os pigmentos naturais utilizados em pintura. Pigmentos e Corantes Naturais**. Entre as artes e as ciências. Évora: Universidade de Évora, p. 5-23, 2007. Disponível em: <<http://www.ciarte.pt/artigos/pdf/200701.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

CUNHA, Márcia, B da; LIMA, Fernanda. A saga do repolho roxo no ensino de Química. **Revista Química Nova na Escola**. São Paulo-SP, Vol. 43, N° 3, p. 295-304, 2022. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc44_3/05-EA-01-21.pdf> Acesso em: out.2022.

DE CEZARO, Hérom Silva *et al.*. A arte rupestre do extremo sul catarinense: o caso do sítio malacara i–santa Catarina–Brasil. **Tecnologia e Ambiente**, v. 17, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.unesc.net/ojs/index.php/tecnoambiente/article/view/1212/1168>>. Acesso em: ago. 2020.

DOMINGUINI, Lucas *et al.*. Estudo da estabilidade de antocianinas em diferentes álcoois alifáticos para uso como indicador de pH. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 16, n. 1, 2014. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/2901>>. Acesso: jun. 2022.

DOS SANTOS AFONSO, Max; FLIEGEL, Alan Ávila; KOTH, André Peres. A arte anatômica e o quebra-cabeças renascentista. **Recisatec-revista Científica Saúde e Tecnologia-issn 2763-8405**, v. 1, n. 1, p. e116-e116, 2021. Disponível em: <<https://recisatec.com.br/index.php/recisatec/article/view/6/4>> Acesso em 06 Jun 2022.

ELOLA, Joseba. livros revelam arte feminina e ancestral de cerâmicas indígena 7h35 horário impressionistas. **EL País**, 24 nov. 2014. Babelia. Disponível em: <https://elpais.com/cultura/2014/11/21/babelia/1416569054_030897.html?event=go&event_log=go&prod=REGCRARTBAB&o=cerrbab>. Acesso: 19 nov. 2022.

FARIAS, RF dos. a química do tempo: carbono-14. *Química nova na escola*, v. 16, p. 6-8, 2002. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc16/v16_A03.pdf Acesso em: jan.2022.

FARIAS FILHO, Benedito B. et al. A química analítica aplicada aos estudos de pigmentos rupestres: uma revisão. **Química Nova na escola**, v. 45, p. 1265-1277, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/ZqnTjsTycr5pNGfCDMPjpszg/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: nov.2022.

FELIPE, Lorena O. *et al.*. Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 2, p. 120-130, 2017. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc39_2/04-QS-09-16.pdf> Acesso em: jun.2022.

FERNANDES, Luzimara. Livros revelam arte feminina e ancestral de cerâmicas indígenas. **Jornal Fatos & Notícias**, 16 mai. 2022. Educação. Disponível em:

<<https://jornalfatosenoticias.com.br/index.php/2022/05/16/livros-revelam-arte-feminina-e-ancestral-de-ceramicas-indigenas/?cn-reloaded=1>>. Acesso: 17 nov. 2022.

FERNANDES, Pedro Alexandrino. Fraudes e falsificações na Arte e Arqueologia desmascaradas pela datação por Carbono 14. **Revista de Ciência Elementar**, v. 7, n. 4, 2019. Disponível:<<https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2019/072/>>. Acesso: jun. 2022

FRAUCHES, Nayara Simas. **Efeito de extratos de jabuticaba, jamelão e jambo sobre linhagem de adenocarcinoma de cólon humano HT-29**. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade de Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p 87 2017. Disponível em: <<http://www.repositorio-bc.unirio.br:8080/xmlui/bitstream/handle/unirio/10965/Efeito%20de%20extratos%20de%20jabuticaba%20e%20jamel%20e%20jambo%20sobre%20linhagem%20de%20adenocarcinoma%20de%20c%20b3lon%20humano%20HT-29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: jan.2021.

FRANCIS, F. J. Anthocyanins and betalains: composition and applications. **Cereal Foods World**, v. 45, p. 208-213, 2000.

FREITAS, Yago. **Arte e Guerra: condições e influências da representação artística da guerra civil espanhola por Pablo Ruiz Picasso**. Monografia (Graduação)-Relações Internacionais, Instituto de Economia e Relações Internacionais, Universidade Federal de Uberlândia, p 72, 2018. Disponível em:<<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24076/3/ArteGuerraCondicoes.pdf>> Acesso em: Jan. 2022.

FREITAS, Olga. **Equipamentos e materiais didáticos**. – Brasília: Universidade de Brasília,132p,2009. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=614-equipamentos-e-materiais-didaticos&Itemid=30192. Acesso em: 05. Set de 2022.

GARRAFFONI, Renata Senna; GRILLO, José Geraldo Costa. Mosaico de Alexandre na Casa do Fauno em Pompeia: ontem e hoje. **Clássica-Revista Brasileira de Estudos Clássicos**, v. 33, n. 1, p. 175-192, 2020. Disponível em:<<https://revista.classica.org.br/classica/article/view/900/789>>. Acesso em: 07 Jun. 2022.

GASPAR, Madu. A arte rupestre no Brasil. 2 ed. – Rio de Janeiro: **Zahar** Ed. 2006.

GAUDÊNCIO, Jéssica da Silva; RODRIGUES, Sérgio Paulo Jorge; MARTINS, Décio Ruivo. Indígenas brasileiros e o uso das plantas: saber tradicional, cultura e etnociência. **Khronos, Revista de História da Ciência**, nº 9, pp. 163-182. 2020. Disponível em <<http://revistas.usp.br/khronos>>. Acesso: jun. 2022.

GONÇALVES, Bárbara Sofia Gomes.**Pigmentos naturais de origem vegetal: betalainas**. Tese (Doutorado)- Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Do Algarve, p 54. 2018. Disponível em:<<https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/12370/1/Tese%20de%20MICF%2025.09.2018.pdf>> Acesso em: ago.2021.

GROMBRICH, Ernst Hans Josef. A história da Arte. ed 16º: **LTC**, 2011.

GUIA do visitante para a deslumbrante Capela Scrovegni em Pádua, uma viagem de um dia saindo de Veneza. **The Geographical Cure**, 01 abr. 2022. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/referencia-site-abnt-artigos/>>. Acesso: 19 nov. 2022.

GUIMARÃES, D. T. **Recuperação de antocianinas do repolho roxo utilizando argilas como adsorvente**. 2019. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/40651/5/2019_dis_dtguimaraes.pdf> Acesso em: dez.2020.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. Fundamentos de Física. 9. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2014, v. 3.

HARRIS, DANIEL C., Análise Química Quantitativa, 8ª Edição, LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro-RJ, 2008.

HELERBROCK, Rafael. Espectro eletromagnético; **Brasil Escola**, c2022. Disponível em:<<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>>. Acesso em 23 de novembro de 2022.

HENRIQUE, Franciele Renata et al. Luz à primeira vista: um programa de atividades para o ensino de óptica a partir de cores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/85wbtXMysKfhhMvgJZ8RCgg/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso: 20 Jan 2022.

HERNANDEZ, Carlos Prentice et al. **Obtenção e avaliação de bixina a partir de extrato de urucum (Bixa orellana L.)**. 1994.

HIGA, Carlos César. "Arte rupestre"; **Brasil Escola**. Disponível em:<<https://brasilecola.uol.com.br/historiag/a-arte-rupestre.htm>>. Acesso em: 16 de Ago. 2022.

HIROKI, Jeraldi. **Corpo em ensaio: as contribuições de Leonardo da Vinci para o ensino de anatomia humana em ciências e biologia**. 2016. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/4722/1/HIROKI.pdf> Acesso em: 22 Jan. 2022.

IMBAREX: **Natural colares e ingredientes**. Corantes naturais para lanches e temperos sem perder a intensidade da cor, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.imbarex.com/pt-br/cores-naturais-para-lanches-e-temperos-sem-perder-a-intensidade-da-cor/>>: Acesso em out.2022.

IMBROISI, Margaret; MARTINS, Simone. Arte Grega. **História das Artes**, 2022. Disponível em: <<https://www.historiadasartes.com/nomundo/arte-na-antiguidade/arte-grega/>>. Acesso em 16 Aug 2022.

JESUS, Yasmin Lima; LOPES, Edinéia Tavares; COSTA, Emmanoel Vilaça. Descobrimo as ciências na cultura indígena: Pinturas corporais. **Revista Curia: múltiplos saberes**, v. 1, n. 1, 2015. Disponível em: < <https://www.seer.ufs.br/index.php/CURIA/article/view/3627>> Acesso: Jan. 2022.

KAPADIA, GJ, RAO, GS (2013). Efeitos anticancerígenos dos pigmentos de beterraba vermelha. In: Neelwarne, B. (eds) Biotecnologia de beterraba vermelha. **Springer, Boston, MA**. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3458-0_7 Acesso em: out.2022.

LOPES, Nathália. Antocianina: Benefícios do antioxidante das frutas vermelhas. **Vitat. Alimentação e bem-estar**, 2020. Disponível em: <https://vitat.com.br/antocianina/>. Acesso em: jun.2020.

LOPES, Toni *et al.*. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 13, n. 3, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/1375/1359> : Acesso em: out.2020.

LUZARDO-OCAMPO, Ivan et al. **Aplicações tecnológicas de corantes naturais em sistemas alimentares: uma revisão. Alimentos**, v. 10, n. 3, pág. 634, 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/maria/Downloads/941+-UTILIZA%20O+TECNOL%20GICA+DE+CORANTES+NATURAIS.pdf>: Acesso em: jul.2022.

MAGALHÃES, Lana. **Biologia**. Toda Matéria: conteúdos escolares. 2011-2022. **Anatomia e Fisiologia Humanas. Olhos**. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/olhos/>. Acesso: abr 2022.

MALACRIDA, Cassia Roberta; MOTTA, S. da. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 59-82, 2006. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/328054521.pdf> Acesso em: abr.2022.

MARQUIS, Lucineide et al. As delicadas e miniaturizadas rupestres do achado explorador II, bastante Florianópolis Ceará, Brasil. **Arqueologia Iberoamericana**, v. 14, n. 49, pág. 16-23, 2022. Disponível em: <https://www.laiesken.net/arqueologia/pdf/2022/AI4903.pdf> > Acesso em: Jul. 2022.

MARTINHO, Luiz A.P.; MONTEIRO, Airton. Corantes e Pigmentos- Química Viva, **Conselho Regional de Química- IV Região**, 22. jun.2011. Disponível em: https://www.crq4.org.br/quimicaviva_corantespigmentos#:~:text=Pigmentos%20e%20corantes%20s%C3%A3o%20subst%C3%A2ncias,e%20os%20corantes%20s%C3%A3o%20sol%C3%BAveis.> Acesso em: nov.2022.

MARTINS, Guilherme BC; SUCUPIRA, Renata R.; SUAREZ, Paulo AZ. A química e as cores. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 4, p. 1508-1534, 2015. Disponível em: [file:///C:/Users/maria/Downloads/mharaujo1993,+SuarezFinal%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/maria/Downloads/mharaujo1993,+SuarezFinal%20(1).pdf) > Acesso em: abr.2022.

MASCARENHAS, JMO. **Corantes em alimentos: perspectivas, usos e restrições**. 1998. 150 f. 1998. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/8941/1/texto%20completo.pdf> Acesso em: 07.dez.2020.

MELCHIADES, Fábio G.; BOSCHI, Anselmo O. Cores e tonalidades em revestimentos cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 4, n. 1-6, p. 11-18, 1999. Disponível em: <http://host-article-assets.s3.amazonaws.com/ci/587657027f8c9d6e028b4609/fulltext.pdf>: Acesso em: jun.2021.

MELO, Raimunda Alves. A produção de materiais didáticos para o desenvolvimento de atividades pedagógicas não presenciais durante a pandemia do coronavírus. **Epistemologia e Práxis Educativa-EPEduc**, v. 3, n. 3, 2020. Disponível em : <https://revistas.ufpi.br/index.php/epeduc/article/view/12148/7089> Acesso em 21 Jul 2022.

MENDES, José Manuel de Oliveira. **A obra de Nuno Gonçalves: estudo técnico**. Tese de Doutorado, Universidade Católica Portuguesa, Escola das Artes, 2012. Disponível em: [file:///C:/Users/maria/Downloads/A%20obra%20de%20Nuno%20Gon%C3%A7alves%20-%20Estudo%20t%C3%A9cnico%20\(2\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/maria/Downloads/A%20obra%20de%20Nuno%20Gon%C3%A7alves%20-%20Estudo%20t%C3%A9cnico%20(2)%20(1).pdf) > Acesso em: abr.2022.

MESQUITA, S. da S.; TEIXEIRA, C. M. L. L.; SERVULO, E. F. C. carotenóides: propriedades, aplicações e mercado. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 2, p. 672-688, 2017. Disponível em: < <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v9n2a15.pdf>> Acesso em: dez.2020.

MORAIS, Flávia Luisa de. **carotenóides: Características biológicas e químicas**. 2006. 70 f. Monografia (Especialização em Qualidade em Alimentos) – Universidade de Brasília, Brasília,2006. Disponível em: < https://bdm.unb.br/bitstream/10483/546/1/2006_FlaviaLuisaMorais.pdf> Acesso em: Abri.2022.

MORTON JF. Genipap (Genipa americana L.). **FruitsWarmClim** 1987:441–3.

MOURÃO, Rosiana Pereira. **Os pigmentos naturais existentes na região do Acre e o seu ensino nas aulas de artes nas escolas dos municípios de Tarauacá**. Monografia (Graduação)- Instituto de Artes, Universidade de Brasília, Tarauacá, 2011. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/196871597.pdf>: Acesso em: out.2020.

NAKAYAMA, Sumaya Hellú El Kadri et al. **Caracterização físico-química e extração dos pigmentos presentes em cascas de pitaiá**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/26878/1/caracterizacaoextracao pigmentospitai a.pdf> > Acesso em: Jan.2021.

NATIONAL GEOGRAPHIA. **Pau-Brasil: No dia da árvore**, 6 curiosidades sobre a espécie que batizou um país. 21. set. de 2022. Disponível em: < <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2022/09/pau-brasil-no-dia-da-arvore-6-curiosidades-sobre-a-especie-que-batizou-um-pais>> Acesso em: out.2022.

OLIVEIRA, Luiz Fernando C. de. Espectrometria Molecular. **Química Nova na Escola**, N° 4, p 24-30,2001. Disponível em: < <http://qnesc.s bq.org.br/online/cadernos/04/espect.pdf>> Acesso em: jan.2021.

OLIVEIRA, Nathaly Almeida de. **Produção de material didático-pedagógico para suporte em aulas de química no ensino médio adaptadas para pessoas portadoras de deficiência**

intelectual, visual ou auditiva. 2020. 183 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química e Biotecnologia, Programa de Pós Graduação em Mestrado Profissional em Rede Nacional de Química, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2020.

OLIVEIRA, Vinícius Chaves. **Desenvolvimento de tintas condutoras a base de carbono para a fabricação de dispositivos eletroquímicos.** 2022. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) -- Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2022.

Disponível em:

<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/36064/1/DesenvolvimentoTintasCondutoras.pdf>: Acesso em: out.2022.

PACHANI, Rodinei. Dispersão da luz dos corpos. **Cursos Enem Gratuito**, [s.d]. Disponível em: <<https://cursoenemgratuito.com.br/dispersao-da-luz/>> Acesso em: jan.2022.

PARQUE NACIONAL da Serra da Capivara - Patrimônio Cultural da Humanidade pela **Unesco. Arte & Cultura:** Postagens sobre Patrimônio Cultural Moderno e Contemporâneo, 25 abr 2016. Revista. Disponível em:

<<http://museologiaufmg2015.blogspot.com/2016/04/parque-nacional-da-serra-da-capivara.html>> Acesso em: 21 nov.2020.

QUENQUA, Douglas. Picasso's Masterpieces made with house paint. **The New York Times**, 18. Fev.2013. **SCIENCE**. Disponível em: <

<https://www.nytimes.com/2013/02/19/science/picasso-used-common-house-paint-scientists-say>> Acesso em: 17 nov.2022.

RAPOSO, Maria Tereza Resende; TIBAJI, A. O conceito de imitação na pintura renascentista e impressionista. **Metanoia Revista Eletrônica**, São João del-Rei, n. 1, p. 43-50, 1998.

Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/revistametanoia/numero1/tereza4.pdf>

Acesso em 30 Mai 2022.

RINCÓN, Maria Luciana. Cueva de Las Manos: A galeria de Arte pré-histórica de milhares de anos. **Megacurioso**. Educação, 2017. Disponível

em:<<https://www.megacurioso.com.br/historia-e-geografia/102671-cueva-de-las-manos-a-galeria-de-arte-pre-historica-de-milhares-de-anos.htm>>. Acesso em: 20 jan.2021.

ROCHA, João Carlos. Cor luz, cor pigmento e os sistemas RGB e CMY. **Revista Belas Artes**, v. 3, n. 2, pág. 107-128, 2010. Disponível

em:<<https://www.belasartes.br/revistabelasartes/?pagina=player&slug=cor-luz-cor-pigmento-e-os-sistemas-rgb-e-cmy>>. Acesso em: 20 abr.2022.

ROVARIS, Beatriz Cesa et al. **Jenipapo (Genipa americana L.) como corante azul natural.** 2020. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/218821/Jenipapo%20%28Genipa%20americana%20L.%29%20como%20corante%20azul%20natural.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: Jan.2022.

SANTIAGO, MCP de A. et al. Farinha de jabuticaba para uso como corante natural.

Embrapa Agroindústria de Alimentos-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2016.

Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1061621/farinha-de-jabuticaba-para-uso-como-corante-natural> Acesso em: jan.2021.

SANTOS, Geovana Santos dos. **Antocianinas como indicadores ácido-base com potencial aplicação no espaço escolar**. 2017. Disponível em: . Acesso em: abri.2022.

SARON, C.; FELISBERTI, M. I. **Ação de colorantes na degradação e estabilização de polímeros**. Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, 2006. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/qn/a/9f5PvxkJ6cbvKYkWvTHyLkm/?lang=pt>> Acesso em: set.2022.

SELEUCIA, FONTES. **TOCANTINS: GOVERNO DO ESTADO. SECRETARIA DA CULTURA E TURISMO. PINTURA CORPORAL REVELA A IDENTIDADE DOS NOSSOS POVOS ANCESTRAIS, 15 MAIO 2021. NOTÍCIAS, POVOS INDÍGENAS. DISPONÍVEL** EM:<<https://www.to.gov.br/sectur/noticias/pintura-corporal-revela-a-identidade-dos-nossos-povos-ancestrais/37h3a6sf3n5a>>. ACESSO: 17 NOV. 2022.

SERRATE, Júlia Manguistel. **Característica química de materiais Pictóricos usados em escultura policromado-Estudo de caso de uma escultura Capixaba**. Dissertação (mestrado). Departamento de química do Centro de Ciências Exatas da Universidade Federal do Espírito Santos, Vitória, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/6756/1/J%c3%9aLIAWANGUESTELSERRATE-2011-trabalho.pdf>> Acesso em: 11.nov.2021.

SILVA, Bonick Venceslau da Cruz. **Controvérsias sobre a natureza da luz: uma aplicação didática**. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p.180, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/16055/1/BoniekVCS.pdf>> Acesso em: out.2020.

SILVA, Juliana et al. Estudo da eficácia do extrato de repolho roxo como indicador ácido-base. **Enciclopédia biosfera**, v. 5, n. 7, 2009. Disponível em:<<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2009/estudo.pdf>> Acesso em: out.2022.

SILVA, Hugo Guilherme Pereira da. **Cores digitais no ensino superior público de design gráfico no Brasil: um estudo dos conteúdos curriculares e da percepção do corpo discente**. 152 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design, Centro de Humanidades, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/22506> Acesso em: ago.2022.

SILVA, Pollyanna I. **Otimização da extração e microencapsulamento de fenólicos e antocianinas de jaboticaba (Myrciaria jaboticaba)**. 2011. 173 f. 2011. Tese (Doutorado)– Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/443/1/texto%20completo.pdf>: Acesso em: nov.2020.

SILVA, Vinícius José et al. **Um estudo sobre a manufatura da saia cobertor dos índios Laklânõ//Xokleng: uma investigação no ensino de química**. Curso de Licenciatura em Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em:

https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/203406/TCCII_OFICIAL.pdf?sequencia=1&isAllowed=y: Acesso em: set.2020.

SILVEIRA, Luciana Martha- Introdução à teoria da cor. – 2. ed. – Curitiba: Ed. **UTFPR**, 2015.

SILVEIRA, M. V.; BARTHEM, R. B. Disco de Newton com LEDs. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, n° 4, 2016. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbef/a/PYLZSGKpsvpTtrsTQ9JvQMt/?lang=pt>>. Acesso: jun. 2022.

SILVERSTEIN, R. M., BASSLER, G. C. & Morril, T. C. Identificação espectrométrica de compostos orgânicos, 5ª edição, **Guanabara Koogan**, 1994.

SISTEMA MAXI DE ENSINO: Ensino Fundamental, 7º ano, Caderno do professor- 1º ed. São Paulo: **Maxprint** editora, 2018.

SKOOG, WEST, HOLLER, CROUCH, Fundamentos de Química Analítica, Tradução da 8ª Edição norte-americana, **Editora Thomson**, São Paulo-SP, 2006.

SOARES, Renato. **Indígena da etnia Tuyuka da Aldeia Utapinozona com pintura corporal - também denominam-se Utapinozona e Filhos da Cobra de Pedra**. Pulsar imagens, 2018. Disponível em:<<https://www.pulsarimagens.com.br/foto-video?procurar=Ind%C3%ADgenas+pintura+corporal&tipo=0&direito-imagem=&autorizacao-imagem=&depois-ano=&anterior-ano=&orientacao=&tipo-video=&autor=&pais=&estado=&cidade=®iao=&pagina=12&id=0&codigo-imagem=0&ordenar=1>>Acesso em: 19 nov. 2022.

SOLOMONS, T.W.G. - Química Orgânica, Vol. 1 - 10ª ed. Rio de Janeiro: **LTC**, (2012).
SOUZA, Gilmar Rodrigues de et al. **INSERÇÃO DOS CORANTES NATURAIS DA CULTURA INDÍGENA NO ENSINO DE QUÍMICA**. 2022. Disponível em : <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/2566/3/TCC-Gilmaria-2022.pdf> Acesso em: Abr, 2022.

SOUZA, Juliana Regina Camargo de Lima. **Incorporação do pigmento extraído do jamelão (Syzygiumcumini (L.) skeels) para o desenvolvimento de cosmético labial**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SCHLEY, Clara Aniele História da arte: pré-história a idade média / Clara Aniele Schley: **UNIASSELVI**, 2017. Disponível em: <https://www.uniasselvi.com.br/extranet/layout/request/trilha/materiais/livro/livro.php?codigo=23039> Acesso em: out.2021.

TAKASHIMA, Keiko; TAKATA, Neide Hiroko; NAKAMURA, Wilson Mitsuo. Separação e identificação de corantes sintéticos para fins alimentícios solúveis em água. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 9, n. 4, p. 171-174, 1988.

TELES, Ricardo. **Indígena da Aldeia Afukuri e etnia Kuikuro com pintura corporal e adereços na cerimônia do Kuarup - Parque Indígena do Xingu**. Pulsar imagens, 2021. Disponível em:<<https://www.pulsarimagens.com.br/foto->

video?procurar=ricardo+teles+pintura&tipo=0&direito-imagem=&autorizacao-imagem=&depois-ano=&anterior-ano=&orientacao=&tipo-video=&autor=&pais=&estado=&cidade=®iao=&pagina=1&id=0&codigo-imagem=0&ordenar=1>Acesso em: 16 de Ago. 2022.

TOM DE FÍSICA. **Óptica geométrica** - 4a. Aula.2011. Disponível em: <http://tomdafisica.blogspot.com/2011/03/optica-geometrica-4a-aula.html> Acesso em: 01.abr.2021.

VANUCHI, Vânia Costa Ferreira et al. **Corantes naturais da cultura indígena no ensino de química**. 2019.

VANUCHI, Vânia da Costa Ferreira; BRAIBANTE, Mara Elisa Fortes. **O uso de corantes naturais por algumas comunidades indígenas brasileiras: uma possibilidade para o ensino de química articulado com a lei 11. 645/2008**. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/4207/482484490>: Acesso em mai.2021.

VELOSO, L. de A. **Dossiê técnico: corantes e pigmentos**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2012. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTcwOA==>: Acesso em: fev.2021.

VIZZOTTO, Márcia; PEREIRA, Marina Couto. Caracterização das propriedades funcionais do jambolão. **Pelotas: Embrapa Clima Temperado**, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31489/1/comunicado-213.pdf>: Acesso em: abr.2021.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; STRINGUETA, P. C. Pigmentos Naturais Bioativos. **Alim. Nutr.**, v. 20, n. 1, p. 157-166, 2009. Disponível em [:file:///C:/Users/maria/Downloads/786.pdf](file:///C:/Users/maria/Downloads/786.pdf): Acesso em: 15 de abr.2021.

VOLPE, André Luís Della. **Pigmentos inorgânicos como tema para interdisciplinaridade e contextualização no ensino de química**. 2018. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/10202>.
<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/10202/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Vers%c3%a3o%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 06 Jun.2022.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Capela Sistina, 31 jul. 2021. Disponível em:<https://pt.wikipedia.org/wiki/Capela_Sistina>: Acesso em: 19 nov. 2022.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Disco de Newton, 09 out. 2020. Disponível em:<https://pt.wikipedia.org/wiki/Disco_de_Newton>: Acesso em: 20 abr. 2022.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Girl in a Chemise, 10 jan. 2022 d. Disponível em:<https://en.wikipedia.org/wiki/Girl_in_a_Chemise>: Acesso em: jun.2022.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Leonardo da Vinci, 09 nov. 2022 c. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Leonardo_da_Vinci>. Acesso em: 19 nov. 2022.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Les Demoiselles d`Avignon, 06 out. 2022 e. Disponível em:< https://en.wikipedia.org/wiki/Girl_in_a_Chemise>: Acesso em: 19 nov. 2022.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Lista de Pinturas de Rafael, 15 maio 2022 a. Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_pinturas_de_Rafael>. Acesso em: 19 nov. 2022.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Teto da Capela Sistina, 28 abr. 2022 b. Disponível em:<https://pt.wikipedia.org/wiki/Teto_da_Capela_Sistina>: Acesso em: 19 nov. 2022.

ZANCHETTA, Luciene. Impressionismo em 230 anos de Luz. **Ciência e Cultura**. vol.56, no.3 São Paulo, julho/set. 2004. Disponível em:<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252004000300027> Acesso em: mai.2022.

APÊNDICES

APÊNDICE A: PLANOS DE AULA

PLANEJAMENTO DOS CONTEÚDOS
AULA: 01
TEMA: Polaridade
DURAÇÃO: 50 minutos
CONTEÚDOS ABORDADOS: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Polaridade da ligação covalente; ▪ Eletronegatividade; ▪ Polaridade de uma molécula.
OBJETIVOS: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconhecer o caráter polar ou apolar de uma ligação covalente; ▪ Entender as características dos átomos e das ligações que os compõem; ▪ Definir a diferença de eletronegatividade entre os átomos que compõem a molécula.
RECURSOS: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Livro didático; ▪ Equipamento multimídia; ▪ Programa Simulações interativas para Ciência e Matemática – Phet.
DESENVOLVIMENTO: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Polaridade das ligações covalentes apolares e polares ▪ Momento de dipolo e polaridade das moléculas. ▪ Polaridade da água líquida.
AVALIAÇÃO: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Resolução das atividades do livro didático.
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS <p>MORTIMER, E. F. Química, 1: Ensino Médio–Eduardo Fleury Mortimer. Andréia Horta Machado.</p> <p>LISBOA, Julio Cezar Foschini et al. Ser Protagonista–Química. SM. São Paulo, v. 1, 2014.</p> <p>Revista Química Nova na Escola (QNEsc), publicada pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ). Disponível em: http://qnesc.s bq.org.br. Os artigos estão disponíveis na íntegra e de forma totalmente gratuita.</p> <p>Simulação Polaridade da Molécula. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/molecule-polarity/latest/molecule-polarity_pt_BR.html.</p>
AULA: 02
TEMA: Solubilidade
DURAÇÃO: 50 Minutos
CONTEÚDOS ABORDADOS:

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Polaridade e Solubilidade; ▪ Substância polar e substância apolar; ▪ Estrutura molecular das substâncias; ▪ Extração por Solventes.
<p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entender a solubilidade como uma propriedade diretamente ligada à polaridade; ▪ Compreender como ocorre a extração por meio de solventes; ▪ Discutir a diferença de comportamento entre os solventes.
<p>RECURSOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Livro didático; ▪ Equipamento multimídia.
<p>DESENVOLVIMENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mistura de substâncias (Homogênea e heterogênea); ▪ Combinações e interações de misturas envolvendo água como solventes; ▪ Outros Solventes.
<p>AVALIAÇÃO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Resolução de atividades sobre Polaridade; ▪ Construir um mapa conceitual sobre métodos de infusão, maceração, decocção de vegetais e extração de óleos essenciais.
<p>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:</p> <p>GUIMARÃES, Pedro IC; OLIVEIRA, Raimundo EC; ABREU, Rozana G. Extrairdo óleos essenciais de plantas. Química nova na Escola, v. 11, p. 1-3, 2000.</p> <p>MORTIMER, E. F. Química, 1: Ensino Médio–Eduardo Fleury Mortimer. Andréa Horta Machado.</p> <p>LISBOA, Julio Cezar Foschini et al. Ser Protagonista–Química. SM. São Paulo, v. 1, 2014.</p> <p>OLIVEIRA, GOUVEIA e QUADROS .Uma reflexão sobre aprendizagem escolar,. Revista Química Nova na Escola, vol 31, nº 1, fevereiro de 2009, p. 23-30. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_1/05-CCD0508.pdf>.</p> <p>DE SOUSA QUERUBINA, Amanda; COSER, Marcella Andreoli; WALDMAN, Walter Ruggeri. Máquina de Café Expresso para Extração de Óleos Essenciais: Uma Proposta Experimental.</p>
<p>AULAS: 03 e 04</p>
<p>TEMA: Interações Intermoleculares</p>
<p>DURAÇÃO: 140 Minutos</p>
<p>CONTEÚDOS ABORDADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Classificação das Forças Intermoleculares; ▪ Propriedades Físicas dos Compostos e Interações Intermoleculares; ▪ Temperaturas de Ebulição (Tipo de Força Intermoleculares e Tamanho das Moléculas); ▪ Solubilidade; ▪ Tensão superficial.
<p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Compreender o que são interações intermoleculares.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconhecer os tipos de interações intermoleculares. ▪ Identificar as características das interações intermoleculares. ▪ Compreender como as interações entre as moléculas definem as propriedades físicas das substâncias. ▪ Ilustrar a aplicação das interações intermoleculares na natureza.
<p>DESENVOLVIMENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ As principais forças intermoleculares ▪ Forças intermoleculares e temperaturas de fusão e ebulição. ▪ Tensão superficial é o comportamento das moléculas da superfície de um líquido. ▪ Comportamento anômalo da água.
<p>AVALIAÇÃO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Investigação das forças intermoleculares aplicada em situações do cotidiano, desde aderência dos molhos de tomates nas massas, no tingimento de tecidos e objetos, pinturas corporais, entre outras.
<p>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</p> <p>ROCHA, Willian R. Interações intermoleculares. Cadernos temáticos de Química Nova na escola, n. 4, p. 31-36, 2001.</p> <p>MORTIMER, E. F. Química, 1: Ensino Médio—Eduardo Fleury Mortimer. Andréia Horta Machado.</p> <p>FELTRE, Ricardo, 1928- Química / Ricardo Feltre. — 6. ed. — São Paulo: Moderna, 2004.</p> <p>NOVAIS, VLD de; ANTUNES, Murilo Tissoni. Vivá: química. Curitiba: Positivo, v. 2, 2016.</p>
<p>AULA: 5 e 6</p>
<p>TEMA: Compostos Orgânicos</p>
<p>DURAÇÃO: 140 Minutos</p>
<p>CONTEÚDOS ABORDADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conceito de química orgânica ▪ Representação de moléculas na química orgânica ▪ Propriedades dos compostos de Carbonos ▪ Solubilidade de compostos orgânicos. ▪ Propriedades físicas: ponto de fusão, ebulição e Densidade
<p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Compreender a origem e o significado atual da química orgânica; ▪ Estudar as principais características e representações dos compostos orgânicos; ▪ Entender algumas propriedades de compostos de carbono.
<p>DESENVOLVIMENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Desenvolvimento da química orgânica; ▪ Características do átomo de carbono; ▪ Classificação da cadeia carbônica; ▪ Ligações formadas pelos átomos de carbono; ▪ O que são produtos orgânicos?

<p>AVALIAÇÃO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Criação de uma história em quadrinhos sobre a aplicação dos corantes naturais para antigas civilizações: indígenas, egípcios, gregos-romanos, entre outras.
<p>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</p> <p>LISBOA, Julio Cezar Foschini et al. Ser Protagonista–Química. SM. São Paulo, v. 1, 2014.</p> <p>BRAIBANTE, Mara Elisa Fortes; ZAPPE, Janessa Aline. A química dos agrotóxicos. Química nova na escola, v. 34, n. 1, p. 10-15, 2012.</p> <p>MORTIMER, E. F. Química, 3: Ensino Médio–Eduardo Fleury Mortimer. Andréia Horta Machado.</p> <p>FELTRE, Ricardo, 1928- Química / Ricardo Feltre. — 6. ed. —São Paulo: Moderna, 2004.</p> <p>FONSECA, Martha Reis Marques da Química: ensino médio / Martha Reis. --3. ed. -- São Paulo: Ática, 2016.</p> <p>NOVAIS, VLD de; ANTUNES, Murilo Tissoni. Vivá: química. Curitiba: Positivo, v. 2, 2016.</p>
<p>AULA: 7 e 9</p>
<p>TEMA: Grupos funcionais ou funções orgânicas: Características, nomenclatura e propriedades químicas e físicas.</p>
<p>DURAÇÃO: 230 minutos</p>
<p>CONTEÚDOS ABORDADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Funções oxigenadas (álcoois e enóis, fenóis, Éteres, ésteres, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos); ▪ Propriedades gerais das funções oxigenadas; ▪ Propriedades gerais das funções nitrogenadas.
<p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entender as substâncias orgânicas e identificar suas propriedades; ▪ Compreender os comportamentos das funções orgânicas e assimilar as aplicações dessas das substâncias no cotidiano dos alunos.
<p>DESENVOLVIMENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Funções oxigenadas (álcoois, enos, ésteres, éteres, cetona, aldeídos e ácidos carboxílicos); ▪ As propriedades físicas e químicas (forças intermoleculares, temperatura de fusão e ebulição, estados de agregação, densidade, solubilidade, reatividade e aplicações práticas; ▪ Funções nitrogenadas (amidas, amins) e suas propriedades e nomenclatura; ▪ Propriedades físicas e químicas as funções nitrogenadas (força intermoleculares, temperaturas de fusão e ebulição, estados de agregação, densidade, solubilidade, reatividade e aplicações.
<p>AVALIAÇÃO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar os grupos funcionais na estrutura dos principais pigmentos que compõem os corantes naturais mais utilizados no cotidiano (Urucum, açafraão, beterraba, açai, carmim de cochonilha, clorofilas, entre outros); ▪ Resolução de atividades do livro didático.
<p>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</p> <p>DE BARBOSA LOYOLA, Cristiana Oliveira; SILVA, Fernando César. Plantas Medicinai: uma oficina temática para o ensino de grupos funcionais. 39volume, p. 1971, 2017;</p> <p>DE BARBOSA LOYOLA, Cristiana Oliveira; SILVA, Fernando César. Plantas Medicinai: uma oficina temática para o ensino de grupos funcionais. 39volume, p. 1971, 2017. Página da</p>

<p>revista Química Nova na Escola (QNEsc), publicada pela Sociedade Brasileira de Química (SBQ);</p> <p>Feltre, Ricardo, 1928- Química / Ricardo Feltre. — 6. ed. —São Paulo: Moderna, 2004;</p> <p>FONSECA, Martha Reis Marques da Química: ensino médio / Martha Reis. --3. ed. -- São Paulo: Ática, 2016;</p> <p>MORTIMER, E.F. Química,3: Ensino Médio- Eduardo Fleury Mortimer. Andreia Horta Machado;</p> <p>NOVAIS, VLD de; ANTUNES, Murilo Tissoni. Vivá: química. Curitiba: Positivo, v. 2, 2016.</p>
AULA: 10
TEMA: Antocianinas
DURAÇÃO: 50 minutos
<p>CONTEÚDOS ABORDADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Funções orgânicas presentes nas antocianinas e os flavonoides; ▪ Antocianina: Indicador natural; ▪ Propriedades químicas e físicas das antocianinas (solubilidade, pH, interações intermoleculares e densidade); ▪ Histórias dos corantes naturais e a anilina; ▪ Aplicações das antocianinas como: pigmentos, indicadores de ácido-base e corantes naturais. ▪ Basicidade e acidez dos compostos orgânicos.
<p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Compreender o papel das funções orgânicas na estrutura das antocianinas; ▪ Identificar a relação da mudança de cor das antocianinas com o pH do meio; ▪ Extrair antocianina da espécie <i>Syzygium Cumini</i> (L.) (popularmente conhecido como pingo de viúva).
<p>DESENVOLVIMENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Introdução das antocianinas (quais as principais fontes?); ▪ Antocianina como pigmento e as características químicas desses compostos (polaridade, solubilidade em água, interações intermoleculares).
<p>AVALIAÇÃO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesquisa e Construção de equipamentos com materiais de baixo custo para extração de pigmentos vegetais.
<p>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</p> <p>LISBOA, Julio Cezar Foschini et al. Ser Protagonista–Química. SM. São Paulo, v. 3, 2018.</p> <p>MORTIMER, E. F. Química, 3: Ensino Médio–Eduardo Fleury Mortimer. Andréia Horta Machado.</p> <p>FONSECA, Martha Reis Marques da Química: ensino médio / Martha Reis. --3. ed. -- São Paulo: Ática, 2016.</p> <p>DIAS, Marcelo Vizeu; GUIMARÃES, Pedro Ivo C; MERÇON, Fábio. Corantes Naturais: Extração</p> <p>DIAS, Marcelo Vizeu; GUIMARÃES, Pedro Ivo C.; MERÇON, Fábio. Corantes naturais: Extração e emprego como indicadores de pH. Química Nova na Escola, v. 17, n. 2, p. 27-31, 2003.</p>

AULA: 11 e 12
TEMA: Titulação ácido-base
DURAÇÃO: 140 Minutos
<p>CONTEÚDOS ABORDADOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conceito de titulação ▪ Reações ácido-base ▪ Ponto de viragem e ponto de equivalência. ▪ Indicador de ácido-base (Antocianina: Indicador natural).
<p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entender o conceito de titulação e os critérios para as reações ácido-base acontecerem; ▪ Identificar as espécies ácido-base (Potencial Hidrogeniônico, concentração de íons hidrogênio); ▪ Perceber a simulação da titulação de ácido-base para determinar a concentração de uma solução problema (solução de concentração desconhecida).
<p>DESENVOLVIMENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ A importância da aplicação da titulação em vários contextos, como na saúde, verificação de parâmetros de qualidade da água, do leite e a correção do pH da água. ▪ Exemplificar a titulação de forma quantitativa para facilitar a aprendizagem com auxílio do ambiente de simulação (virtual Labs).
<p>AVALIAÇÃO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Atividade experimental de titulação do corante natural da espécie <i>Syzygium Cumini</i> (L.) (popularmente conhecido como pingo de viúva).
<p>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</p> <p>Ambiente de simulação (virtual Labs). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=U8nqyw5cnzE&t=3s>. Nesta página você terá acesso a uma simulação que envolve reações de titulações.</p> <p>LISBOA, Julio Cezar Foschini et al. Ser Protagonista—Química. SM. São Paulo, v. 2, 2014.</p> <p>MORTIMER, E. F. Química, 3: Ensino Médio—Eduardo Fleury Mortimer. Andréia Horta Machado.</p> <p>FONSECA, Martha Reis Marques da Química: Ensino médio/Martha Reis—2. ed.—São Paulo: Ática, 2016.</p> <p>USBERCO, João Química — volume único / João Usberco, Edgard Salvador. — 5. ed.reform. — São Paulo: Saraiva, 2002.</p>

ANEXOS

ANEXO A: PRODUÇÃO DE CORANTES - Método de extração de antocianinas do jamelão ou brinco de viúva.

Inicialmente é necessário colher o fruto ou a matéria-prima que será utilizado na produção do corante. O fruto foi coletado de forma manual das árvores que estão dentro do campus da Universidade Federal de Alagoas - UFAL. Na amostra foram selecionados e reservados frutos maduros que não apresentassem danos na superfície da casca. Após selecionada, a massa da amostra foi pesada com auxílio de balança digital semi-analítica, tendo como massa 3,5 kg de brinco de viúva.

Em seguida, a amostra de *brinco de viúva* deve ser lavada em água corrente e higienizada com hipoclorito de sódio a 20 ppm durante 15 minutos; posteriormente, toda a amostra deve ser submetida a uma nova lavagem em água corrente para a remoção do excesso de hipoclorito. Finalmente, os frutos deverão ser colocados em bandejas de plástico, durante 30 minutos para uma pré-secagem.

Na segunda etapa do processo, o material deve ser despulpado usando a técnica de separação das cascas e da semente. Após separação, as cascas devem ser separadas em bandejas de alumínio e levadas a uma estufa com temperatura fixa a 60°C por 22 horas até a desidratação de todo o material. As cascas poderão ser secas ao sol ou em forno doméstico. Depois de secas, as cascas deverão ser trituradas em processador caseiro e batidas até se transformarem em pó.

Esta metodologia foi adaptada da técnica da produção da Farinha de Jabuticaba para uso como corante natural e foi selecionada para realizar a produção de corante a partir do jamelão (SANTIAGO, et al., 2016). Como a proposta é realizar o procedimento com alunos da educação básica, os equipamentos das etapas do processo foram adaptados para atingir o objetivo do experimento.

A atividade poderá ser realizada durante os projetos de itinerários formativos em escolas de tempo integral.

Para a realização desse projeto em sala de aula, os equipamentos utilizados na secagem e trituração das cascas poderão ser adaptados com o uso de eletrodomésticos (air-frayer, processador ou liquidificador). O importante é que a matéria-prima esteja totalmente seca para ser triturada, e que as etapas sejam verossimilhanes.

O controle de temperatura no método para obtenção das antocianinas utilizando a secagem em estufa do material exige atenção, pois, a temperatura não pode ser muito alta para que não haja a degradação das antocianinas ocluídas no tecido vegetal, por ação do calor. Para

a realização desse experimento de extração do jamelão, foram utilizadas temperaturas entre 40-60 °C em uma estufa de secagem.

Por apresentar propriedades polares e serem hidrossolúveis, as antocianinas também podem ser extraídas utilizando solventes polares como água, etanol, acetona, metanol acidificado com ácido clorídrico ou ácido fórmico (NUNES,2019p.16; SCHIOZER,2013, p.17; CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009; KAHKONEN; HOPIA; HEINONEN, 2001). A obtenção de antocianina em contato com o solvente aumenta, promovendo uma melhor extração dos pigmentos. (NASCIMENTO 2017, p.17-18).

Segundo Silva (2011, p.13) “a escolha do método para extração das antocianinas depende do propósito da extração e da natureza das antocianinas”. Contudo, mesmo com toda praticidade do método de extração utilizando solventes, não podemos nos esquecer da necessidade de infraestrutura física e de ambiente climatizado, bem como, dos recursos financeiros para adquirir todos os reagentes. Desta forma, analisando todos os riscos e hipóteses, propomos um método alternativo mais acessível e seguro para que os professores realizem a prática em sala de aula com os alunos.