

Jan/Jun 2019
v. 2, n. 1



Uneouro

FACULDADE DE OURO PRETO DO OESTE

INTER-AMERICAN JOURNAL of Development and Research

INFLUÊNCIA DE EXTRATOS DE AÇAÍ (*EUTERPE OLERACEA* MART.) E PITANGA (*EUGENIA UNIFLORA* L.) NA ATIVIDADE DE CATALASE CITOSÓLICA CEREBRAL DE RATOS

INFLUENCE OF AÇAÍ (*EUTERPE OLERACEA* MART.) AND BRAZILIAN CHERRY (*EUGENIA UNIFLORA* L.) EXTRACTS ON CEREBRAL CYTOSOLIC CATALASE ACTIVITY IN RATS

Taís da Silva Rosa^{1*}; Sabrina Coelho Costa²; Soraia John da Silva³; Jeferson Maia⁴; Cristiane Martins Cardoso⁵.

1. Msc., Doutoranda do curso de Pós graduação em Química da UFRRJ.

2. Graduada em Química pela UFRRJ.

3. Msc., Doutoranda do curso de Pós graduação em Química da UFRRJ.

4. Graduando do curso de Zootecnia do IFMT – campus Alta Floresta.

5. Prof. Doc. Da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

*Autora correspondente: tais.rosa@alf.ifmt.edu.br

Recebido: 20/04/2018; aceito 14/09/2018

RESUMO:

Espécies reativas de oxigênio são formadas nas células durante as reações metabólicas aeróbicas e quando produzidas em grande quantidade ou não eliminadas de forma eficaz podem prejudicar o funcionamento ou danificar a célula causando sua morte. Para manter a viabilidade celular é indispensável a manutenção do equilíbrio entre a quantidade de espécies reativas de oxigênio e a ação das defesas que a célula dispõe. No aparato de defesa celular estão compostos e enzimas com atividade antioxidante. Entre as enzimas está a catalase, que catalisa a reação que inativa o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) impedindo a formação do radical hidroxila ($OH^\cdot$), uma das espécies reativas que mais danos causa a célula. Compostos bioativos com capacidade de modulação da atividade enzimática podem aumentar a capacidade de defesa celular contra espécies reativas de oxigênio a partir do aumento da atividade de enzimas como a catalase. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de extratos obtidos de açaí e pitanga, contendo compostos bioativos, sobre a atividade da enzima catalase. Os extratos das duas frutas foram capazes de modular a atividade enzimática, porém só os extratos etéreo e aquoso de pitanga aumentaram essa atividade, sendo a maior proporcionada pelo extrato etéreo. Os resultados indicam a possibilidade de modular a atividade da catalase e, com isso, permitir maior capacidade de defesa celular contra espécies reativas de oxigênio.

Palavras-chave: Espécies reativas de oxigênio, catalase, atividade, açaí, pitanga.

ABSTRACT

Reactive oxygen species are formed in cells during the aerobic metabolic reactions and when large quantities are produced or not effectively eliminated can impair the functioning or damage the cell causing its death. To keep the cell viability is essential to maintaining the balance between the amount of reactive oxygen species and the action of defenses of the cell. In cellular defense apparatus are compounds and enzymes with antioxidant activity. Among the enzymes is catalase, which catalyses the reaction that inactivates the hydrogen peroxide (H_2O_2) preventing the formation of hydroxyl radical ($OH^\cdot$), the reactive species most damage to the cell. Bio-active compounds are capable of modulation of enzyme activity that

can increase cellular defense capability against reactive oxygen species from the increased activity of enzymes such as catalase. The aim of this work was to evaluate the influence of extracts obtained from açai and Brazilian cherry, containing bio-active compounds on the activity of the enzyme catalase. The extracts of the fruits were able to modulate the enzymatic activity, however only the ethereal extracts and aqueous Brazilian cherry increased such activity, being the largest provided by ether extract. The results indicate the possibility to modulate the activity of catalase and thus allow more cellular defense capability against reactive species of oxygen.

Keywords: Reactive oxygen species, catalase, activity, açai, brasilian cherry.

1. INTRODUÇÃO

As espécies reativas de oxigênio (ERO) são produzidas endogenamente como consequência direta de reações metabólicas que necessitam de oxigênio e, também em situações específicas como a exposição da célula a compostos xenobióticos que podem provocar a redução incompleta de O_2 [1].

O acúmulo de EROs pode ser extremamente tóxico para as células. Estudos publicados evidenciam o dano gerado pelo acúmulo de EROs e sua relação com doenças neurodegenerativas, crônico inflamatórias, vasculares e câncer [2;3]. Em sistemas aeróbicos, o equilíbrio entre a quantidade de espécies reativas de oxigênio e o sistema de defesa é imprescindível para manutenção da viabilidade celular.

O sistema de defesa celular pode atuar antes ou após a ação deletéria das espécies reativas de oxigênio. Para agir de forma detoxificadora, antes que as lesões à célula ocorram, há um aparato que conta, além de substâncias antioxidantes, com a ação de enzimas como superóxido-dismutase (SOD), glutathiona-peroxidase (GSH-Px) e catalase [1].

A catalase, especificamente, é uma hemoproteína citoplasmática encontrada em maior quantidade no sangue, medula óssea, mucosas, rim e fígado. Esta enzima catalisa a inativação, no interior da célula, do peróxido de hidrogênio (formando H_2O e O_2), impedindo a continuidade das reações e a formação de radicais livres como o radical hidroxila ($OH^\cdot$), considerado o mais deletério ao organismo [1; 4; 5].

Ao passo que, por fatores como a diabetes ou a exposição a compostos xenobióticos, a quantidade de espécies reativas de oxigênio aumenta, as defesas antioxidantes endógenas se tornam insuficientes para manter o equilíbrio [6]. Contudo, estudos indicam que extratos de plantas que contenham compostos bioativos capazes de modular a atividade de enzimas permitem uma ação antioxidante significativa, capaz de diminuir os efeitos nocivos gerados por estas espécies reativas de oxigênio [7].

Muita atenção tem sido dada ao açai (*Euterpe oleracea* Mart.), por sua capacidade antioxidante associada ao potencial benefício a saúde [8]. O açazeiro é

uma palmeira amplamente distribuída no norte da América do Sul com a sua maior ocorrência e importância econômica nas planícies de inundação do estado brasileiro amazônico do Pará [9]. O açaí de diferentes ecossistemas amazônicos reúne características essenciais para a nutrição humana como fonte de energia, fibra alimentar, antocianinas, minerais, particularmente, cálcio e potássio [10]. Foram identificados pelo menos cinco esteróis incluindo β -sitosterol (78%), estigmasterol (6,5%), δ 5-avenasterol (6,5%), campesterol (6,0%), e de colesterol (2,0%). Contém ainda ácidos fenólicos como o ácido vanílico, ácido sirínico, ácido p-hidroxibenzóico, ácido ferúlico, catequinas e cianidinas além de flavonoides, com destaque para a quercetina, orientina e seus derivados, e proantocianidinas [8; 11].

Segundo estudos, extratos vegetais ricos em antocianinas, como o açaí, apresentaram atividade antioxidante considerável e aumentaram significativamente a atividade de enzimas celulares com ação antioxidante de Células Caco-2 [12].

Já a pitanga, fruto da pitangueira (*Eugenia uniflora* L.), pertencente à família das Myrtaceae, e que é nativa do Brasil até o Norte da Argentina e Uruguai. É largamente consumida como frutas frescas, suco de frutas, polpa congelada e geleia [13].

Dentre os compostos fitoquímicos presentes na pitanga estão compostos fenólicos, quercetina, kaempferol e miricetina, leucoantocianidinas e esteroides e triterpenos. No óleo essencial obtido da fruta são encontrados ácidos fenólicos, β -pireno, limoneno e cineol [14; 15]. Em pitanga fresca foram identificados o licopeno (73,0 ng / g), γ -caroteno (52,7 ug / g), β -criptoxantina (47,0 ug / g), rubixantina (23,0 ug / g), fitoflueno (13,1 ug / g), β -caroteno (9,5 ug / g) e ζ -caroteno (4,7 ug / g) [13].

Segundo Schapoval et al. (1994) [16], o extrato de pitanga teve ação inibitória sobre a atividade da enzima xantina oxidase e aumentou o metabolismo de lipídios. Em outros testes, um dos resultados obtidos foi, a verificação da ação antioxidante através da diminuição da peroxidação lipídica em ratos a partir da utilização de óleos essenciais de pitanga [17].

Nesse sentido, crescem os estudos sobre a ação e efeito de substâncias com propriedades antioxidantes, sejam essas com ação direta ou indireta, como na modulação da atividade de enzimas antioxidantes [7; 12; 18]. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de compostos bioativos presentes em extratos produzidos a partir de açaí e pitanga, na atividade da enzima antioxidante catalase de fração citosólica de células cerebrais de ratos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. OBTENÇÃO DE FRAÇÃO ENZIMÁTICA CEREBRAL DE RATOS

As amostras de cérebro de ratos Wistar machos foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas em homogeneizador Potter-Elvehjem teflon/vidro, numa proporção de 1,0 g de cérebro para 4,0 mL de solução tampão gelada (fosfato de potássio 0,1 M, de pH 7,0, contendo sacarose 0,25 M). Os homogeneizados foram centrifugados a $9.000 \times g$ por 45 minutos a 4 °C. Os sobrenadantes desta primeira centrifugação foram transferidos para novos tubos e ultracentrifugados em ultracentrífuga Hitachi, a $100.000 \times g$ por 90 minutos a 4 °C. O sobrenadante, fração citosólica, foi recolhido, aliquoteado e armazenado em freezer (aproximadamente -20°C) até sua utilização na determinação de atividade de catalase.

2.2. DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO PROTEICA NA FRAÇÃO SOLÚVEL DE CÉREBRO DE RATO.

A determinação da concentração proteica foi realizada segundo método Peterson (1977) [19]. Os resultados foram expressos em atividade específica, padronizado para a concentração de proteínas solúveis estimada, utilizando como padrão 10µg e 100µg de albumina sérica bovina

(BSA) e utilizados no cálculo das atividades enzimáticas específicas.

2.3. OBTENÇÃO DOS EXTRATOS DE PITANGA E AÇAÍ.

2.3.1. Obtenção dos extratos brutos de pitanga e açaí

Os compostos bioativos presentes na polpa “*in natura*” triturada de açaí e de pitanga foram extraídos com água destilada na proporção de 1:5 (g da amostra: mL de água) durante 1 hora em agitador magnético à temperatura ambiente. A solução foi filtrada a vácuo em funil de Büchner e o resíduo líquido centrifugado a 3.000 rpm por 2 minutos para decantação de sólidos mais finos. Os extratos brutos obtidos foram utilizados no estudo da influência sobre a atividade enzimática [20].

2.3.2. Obtenção dos extratos etéreo, aquoso e alcoólico de pitanga e açaí

As polpas de açaí e pitanga foram expostas a calor seco durante cinco dias para retirada da máxima quantidade de água possível, e então utilizadas como matéria-prima para obtenção dos extratos.

A polpas secas e trituradas foram adicionadas de éter etílico na proporção 1:5 e mantidas sob agitação durante 1 hora a temperatura ambiente. Após o tempo de extração, as misturas foram filtradas e armazenadas até sua utilização

nos testes enzimáticos. Os sólidos resultantes do processo, foram utilizados para obtenção dos extratos aquoso (água destilada) e alcoólico (éter etílico) seguindo a mesma metodologia.

2.4. ATIVIDADE DE CATALASE CITOSÓLICA CEREBRAL

Os ensaios para determinação da atividade da catalase foram conduzidos segundo protocolo de Zoppi *et al.* (2003) [21], a partir do consumo do substrato. Os ensaios foram realizados na ausência e na presença dos extratos das frutas, sendo os primeiros tidos como atividade controle. Foram utilizados 10 µL dos extratos brutos, etéreos, alcoólicos e aquosos de açaí e pitanga.

2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O tratamento estatístico dos resultados obtidos foi realizado utilizando o teste t de Student para comparação de

médias, tendo como parâmetro o valor de p 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A enzima catalase decompõe o peróxido de hidrogênio resultante do metabolismo celular cuja ação oxidativa é tóxica para algumas células, sendo necessária sua degradação para evitar danos que comprometam a viabilidade celular [22].

Os ensaios foram realizados para avaliar a influência dos compostos bioativos, obtidos a partir dos diferentes extratos de frutas, sobre a atividade da enzima catalase citosólica de cérebro de ratos. Com os resultados obtidos, foi possível observar uma concentração de catalase citosólica cerebral passível de ser avaliada quanto a sua atividade e modulação a partir dos compostos bioativos de extratos de frutas, nas condições dos ensaios realizados.

A Tabela 1 apresenta os resultados de atividade de catalase citosólica cerebral de rato, na presença dos diversos extratos obtidos de açaí e pitanga.

Tabela 1. Atividade de catalase cerebral de ratos na ausência (controle) e presença dos extratos bruto, etéreo, aquoso e alcoólico de pitanga.

Atividade de catalase (mmol/min/mg)					
	Controle	Extrato Bruto	Extrato etéreo	Extrato Alcoólico	Extrato aquoso
Açaí	0,0035± 0,00001	0,0011± 0,00013	0,0019± 0,00008	0,0004± 0,00023	0,0001± 0,00009
Pitanga	0,0035± 0,00001	0,0026± 0,00059	0,00087± 0,000130	0,00058± 0,000070	0,0021± 0,00039

A análise estatística foi realizada através do teste *t Student* e os valores considerados significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Apesar da atividade de catalase cerebral relativamente baixa, esta foi suficiente para observar a influencia dos extratos de frutas. Na presença dos extratos de açaí houve inibição da atividade enzimática sendo a maior induzida pela ação do extrato aquoso de açaí (aproximadamente 97%). Os extratos bruto, etéreo e alcoólico também promoveram inibição considerável da atividade, sendo 69%, 46% e 88%, respectivamente.

Apesar de estudos relatados na literatura terem indicado uma possível melhora na atividade de enzimas antioxidantes por ação de compostos como as antocianinas [12], a mesma resposta não foi obtida em observação a ação dos compostos bioativos existentes no açaí, incluindo antocianinas, sobre a catalase cerebral de ratos. Ao contrário, pode-se observar uma forte diminuição dessa atividade o que pode de forma geral, prejudicar a defesa celular contra as EROs ou exigir desta um mecanismo compensatório, como aumento da atividade de outras enzimas a fim de evitar danos [3].

Os extratos de pitanga também influenciaram diretamente a atividade de catalase cerebral de ratos, porém o extrato etéreo e o extrato alcoólico induziram aumento na atividade enzimática, com ativação de cerca de 148% e 66%, respectivamente. Sendo o extrato etéreo obtido a partir do uso de

solvente apolar (éter etílico), apenas compostos solúveis são extraídos e possivelmente, compostos que favorecem a atividade da catalase. Já os extratos bruto e aquoso, promoveram inibição da atividade (aproximadamente 26% e 40%, respectivamente).

A modulação na atividade da catalase indica que compostos bioativos presentes em frutas como a pitanga, podem melhorar a resposta celular frente ao estresse oxidativo causado pelo aumento da quantidade de EROs.

A presença de um ou mais compostos bioativos podem modular a atividade da catalase e, variações na concentração e na estrutura destes compostos podem influenciar o tipo de modulação sucedida. O conhecimento sobre esse potencial de modulação pode facilitar o uso desses compostos em estudos direcionados sobre a capacidade de defesa de diferentes células contra EROs.

4. CONCLUSÕES

A partir dos testes realizados foi possível determinar a atividade da enzima antioxidante catalase em fração citosólica cerebral de ratos e avaliar como extratos contendo compostos bioativos de açaí e pitanga influenciam a atividade dessa enzima.

Todos os extratos de açaí testados (bruto, etéreo, aquoso e alcoólico) diminuíram a atividade da catalase. A maior inibição da atividade enzimática ocorreu com a utilização do extrato aquoso de açaí. Apesar de muitos estudos se referirem ao açaí como contendo grande teor de compostos antioxidantes, incluindo as antocianinas que por polaridade tendem a ser extraídas em meio aquoso, esses compostos não atuaram aumentando a atividade da catalase. Isso indica que a atividade antioxidante dos compostos presentes no açaí vem de atividade do composto em reação direta com as espécies reativas de oxigênio ou por ativação de outras enzimas que fazem parte do aporte celular de sistema de defesa antioxidante.

Quanto aos resultados obtidos nos ensaios com extratos de pitanga, o extrato etéreo promoveu ativação da catalase, aumentando expressivamente sua atividade. Os resultados indicam que um ou mais compostos bioativos extraídos em fase etérea, podem aumentar a capacidade de defesa antioxidante celular, a partir do aumento da atividade da enzima catalase.

O foco de futuros estudos nos compostos bioativos obtidos de pitanga e outros vegetais pode revelar caminhos alternativos e promissores na diminuição dos efeitos negativos das espécies

reativas de oxigênio e aumento da viabilidade celular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, L.S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Rev Ass Med Brasil**, v. 43, p. 61-68, 1997.
- [2] SHANGARI, N.; O'BRIEN, P. J. Catalase Activity Assays. **Current Protocols in Toxicology**, v 27, p. 1-16, 2006.
- [3] ARBO, M.D.; LUDWIG, M.; LUDWIG, L.S.; ALANO, A.S.; ZARDO V; STEFFEN, V.M. Efeito tóxico dos praguicidas maneb e paraquat sobre a atividade da enzima antioxidante catalase em ratos. **Rev. Ci-ênc. Farm. Básica Apl.**, v. 27, n.1, p. 57-61, 2006.
- [4] BARREIROS, A.L.B.S.; DAVID, J.M. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Quim. Nova**, v. 29, n. 1, p.113-123, 2006.
- [5] FERRO, C.O.; CHAGAS, V.L.A.; OLIVEIRA, M.F.; OLIVEIRA, P.L.; SCHANAI- DER, A. Atividade da catalase no pulmão, rim e intestino delgado não isquemiado de ratos após reperfusão intestinal. **Rev. Col. Bras. Cir.**, n. 37(1), p. 31-38, 2010.
- [6] RODRIGUES, G.R.; FONSECA, S.M.D.; BONA, S.; PORAWSKI, M.; MAR- RONI, N.A.P. Efeito da administração do extrato do Croton cajucara Benth em ratos normais. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA** - n.3, p. 125-134, 2004.
- [7] CALADO, J.C.P.; PAULA, A.A.; OLIVEIRA, E.A.; LETRA, M.H.S.; SAWAYA, A.C.H.F.; MARCUCCI, M.C. Flavonoid Contents and Antioxidant Activity in Fruit, Vegetables and Other Types of Food. **Agricultural Sciences**, v. 6, p. 426-435, 2015.

- [8] PACHECO-PALENCIA, L.A.; MERTENS-TALCOTT, S.; TALCOTT, S.T. Chemical Composition, Antioxidant Properties, and Thermal Stability of a Phytochemical Enriched Oil from Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **J. Agric. Food Chem.**, v. 56, p. 4631–4636, 2008.
- [9] SCHAUSS, A.G.; WU, X.; PRIOR, R.L.; OU, B.; PATEL, D.; HUANG, D.; KABABICK, J.P. Phytochemical and Nutrient Composition of the Freeze-Dried Amazonian Palm Berry, *Euterpe oleracea* Mart. (Acai). **J. Agric. Food Chem.**, v. 54, p. 8598-8603, 2006.
- [10] YUYAMA, L.K.O.; AGUIAR, J.P.L.; SILVA FILHO, D.F.; YUYAMA, K.; VAREJÃO, M.J.; FÁVARO, D.I.T.; VASCONCELLOS, M.B.A.; PIMENTEL, S.A.; CARUSO, M.S.F. Caracterização físico-química do suco de açaí de *Euterpe precatoria* Mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos. **Acta Amazônica**, v. 41(4), p. 545 – 552, 2011.
- [11] HEINRICH, M.; DHANJI, T.; CASSELMAN, I. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) – A phytochemical and pharmacological assessment of the species' health claims. **Phytochemistry Letters**, v. 4, p. 10- 21, 2011.
- [12] ZHANG, H., LIU, R.; TSAO, R. Anthocyanin-rich phenolic extracts of purple root vegetables inhibit pro-inflammatory cytokines induced by H₂O₂ and enhance antioxidant enzyme activities in Caco-2 cells. **Journal of Functional Foods**, v.22, p. 363-375, 2016.
- [13] PORCU, O.M. & RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Variation in the Carotenoid Composition of the Lycopene-Rich Brazilian Fruit *Eugenia uniflora* L. **Plant Foods Hum Nutr**, v. 63, p.195–199, 2008.
- [14] VIZZOTTO, M. Fitoquímicos em pitanga (*Eugenia uniflora* L.): seu potencial na prevenção e combate à doenças. III **Simpósio nacional do morango II Encontro sobre pequenas frutas e Frutas nativas do Mercosul**. Pelotas, RS 2006.
- [15] HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em Alimentos. **Alim. Nutr.**, v.19, n. 1, p. 97- 108, 2008.
- [16] SCHAPOVAL, E.E.S.; SILVEIRA, S.M.; MIRANDA, M.L.; ALICE, C.B.; HENRIQUES, A.T. Evaluation of some pharmacological activities of *Eugenia uniflora* L. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 44, p. 137-142, 1994.
- [17] VICTORIA, F.N.; LENARDÃO, E.J.; SAVEGNAGO, L.; PERIN, G.; JACOB, R.G.; ALVES, D.; SILVA, W.P.; MOTTA, A.S.; NASCENTE, P.S. Essential oil of the leaves of *Eugenia uniflora* L.: Antioxidant and antimicrobial properties. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, p. 2668–2674, 2012.
- [18] SILVA, A.M.O.; ANDRADE-WARTHA, E.R.S.; CARVALHO, E.B.T.; LIMA, A.; NOVOA, A.V.; MANCINI-FILHO, J. Efeito do extrato aquoso de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) sobre o estresse oxidativo em ratos diabéticos. **Rev. Nutr.**, n. 24(1), p. 121-130, 2011.
- [19] PETERSON, G. L. A simplification of the protein assay method of Lowry et al. which is more generally applicable. **Analytical Biochemistry**, v. 83, n. 2, p. 346-356, 1977.
- [20] BROINIZI, P. R. B.; ANDRADE-WARTHA, E. R. S.; SILVA, A. M. O.; NOVOA, A. J. V.; TORRES, R. P.; AZEREDO, H. M. C.; ALVES, R. E.; MANCINI-FILHO, J. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27(4), p. 902-908, 2007.

[21] ZOPPI, C. C.; ANTUNES-NETO, J.; CATTANHO, F. O.; GOULART, L. F.; MOTTA E MOURA, N.; MACEDO, D. V. Alterações e lesão muscular em jogadores de futebol durante uma temporada competitiva. **Rev. paul. Educ. Fis.**, n. 17, p. 119- 130, 2003.

[22] RODRIGUES, A.A.A.O. & BARBONI, S.A.V. Revisão bibliográfica sobre a ausência de atividade de catalase em humanos: importância deste conhecimento para cirurgiões-dentistas. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 19, p. 87-98, 1998.

TEOR DE ÁCIDO ACÉTICO EM VINAGRES COMERCIALIZADOS EM OURO PRETO DO OESTE-RO: DETECÇÃO POTENCIOMÉTRICA, COLORIMÉTRICA DIRETA E DE RETORNO, RETROTITULAÇÃO E CONDUTOMÉTRICA.

ACETIC ACID CONTENT IN VINAGRES COMERCIALIZED IN OURO PRETO DO OESTE- RO: POTENCIOMETRIC DETECTION, DIRECT AND RETURN COLORIMETRIC, RETROTTITRATION AND CONDUCTOMETRIC

Karol Lemos Garcia Cordeiro¹; Dyescica Oliveira Fregona²; Vonivaldo Gonçalves Leão^{3*}.

1. Graduanda 4º período em Farmácia na Uneouro – Faculdade de Ouro Preto do Oeste-RO.
2. Graduanda 4º período em Farmácia na Uneouro – Faculdade de Ouro Preto do Oeste-RO.
3. Docente nos cursos de Farmácia, Enfermagem e Engenharia Civil da Uneouro – Faculdade de Ouro Preto do Oeste-RO. Engenheiro Químico, Mestre em Ciências da Saúde pela UnB, Licenciado em Química, Física e matemática pela Unir. Pós-graduado em Visão Interdisciplinar em Educação e Pós-Graduado em Gestão Pública pela ENAP-Brasília-DF.

*Autor correspondente: voni@voni.eng.br

Recebido: 29/11/2018; aceito 19/12/2018

RESUMO:

Este trabalho investigou a acidez em vinagres (Álcool, Tinto e de Maçã) das marcas (A e B) comercializados em Ouro Preto do Oeste – RO, por titulação volumétrica com detecção potenciométrica, colorimétrica, condutométrica e retrotitulação. Todos os dados foram submetidos a teste estatístico com intervalo de confiança (IC) 99%. De acordo com os resultados apenas o da Marca A (Maçã) está fora dos padrões estabelecidos pela legislação vigente do Brasil. A legislação brasileira exige de 4,00% a 6,00% de ácido acético em vinagres segundo Brasil [1], protegendo a genuinidade destes produtos conforme expressa Grananda et al. [2]. A Marca A (Maçã) apresentou acidez de $3,671\% \pm 0,064\%$. A Marca B apresentou-se dentro dos padrões exigidos pela legislação [1], com todos os valores de acidez acima de 4,00%. Pelo teste t de Student, os intervalo de confiança foi para a Marca A (Maçã) de $3,540\% \leq \mu \leq 3,80\%$, onde μ pode ser o valor médio de acidez de cada método aplicado. Isto garante que, para qualquer método escolhido ao analisar o lote referido da Marca A (Maçã), o valor da acidez terá 99% de probabilidade de estar dentro do IC determinado. Considerando o teor de 4%, e a aplicação do teste t de Student para o vinagre da Marca A (Maçã) sobre os métodos, o IC é de $3,870\% \leq u \leq 4,13\%$, demonstrando uma acidez de $3,671\% \pm 0,064\%$ significativa e abaixo do valor permitido. A acreditabilidade e conformidade dos métodos neste trabalho demonstram confiança em manter produtos dentro dos padrões exigidos pela legislação brasileira.

Palavras chave: Acidez. Ponteciometria. Titulação. Condutometria. Retrotitulação.

ABSTRACT

This work investigated the acidity in vinegars (Alcohol, Red Wine and Apple) of the brands (A and B) marketed in Ouro Preto do Oeste - RO, by volumetric titration with potentiometric, colorimetric, conductometric and back titration detection. All data were submitted to statistical tests with a 99% confidence interval (CI). According to the results only the Brand A (Apple) is out of the established standards by the current Brazilian legislation. Brazilian legislation requires 4,00% to 6,00% of acetic acid in vinegars according to Brasil [1], protecting the genuineness of these products as expressed by Grananda et al. [2]. Brand A

(Apple) presented acidity of $3,671\% \pm 0,064\%$. Brand B was within the standards required by the legislation [1], with all acid values above 4.00%. From the Student's t test, the confidence interval was for the Brand A (Apple) of $3.540\% \leq \mu \leq 3.80\%$, where μ could be the mean value of acidity of each applied method. This ensures that for any method chosen when analyzing the said batch of Brand A (Apple), the acidity value will have a 99% probability of being within the determined CI. Considering the 4% content, and the application of the Student's t test for Brand A (Apple) vinegar on the methods, the CI is $3.870\% \leq u \leq 4.13\%$, showing an acidity of $3.671\% \pm 0.064\%$ significant and below the allowable value. The Accreditation and compliance of the methods in this work demonstrate confidence in keeping products within the standards required by Brazilian legislation.

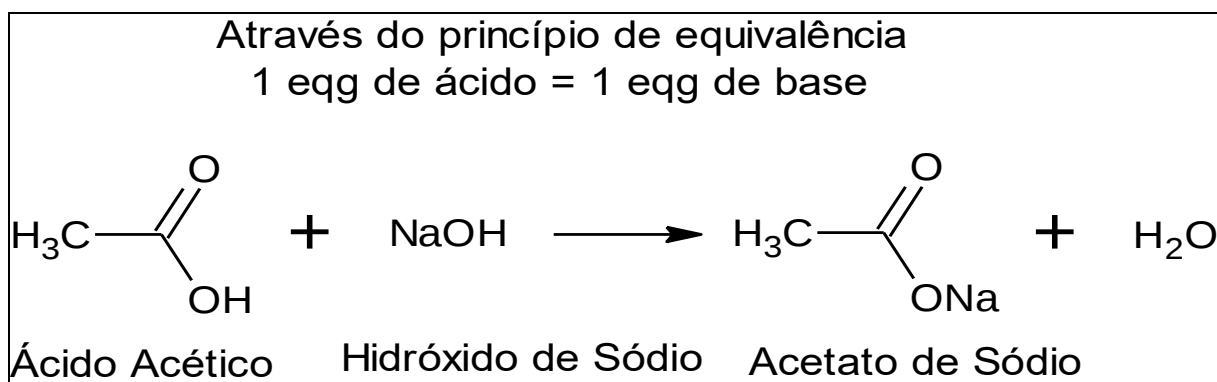
Keywords: Acidity. Potentiometry. Titration. Conductometry. Retrotitulation.

1. INTRODUÇÃO.

Rinzzo [3] afirma que o vinagre é considerado um condimento, pois a sua principal finalidade é atribuir gosto e aroma aos alimentos, também é utilizado para conservar vegetais e outras substâncias, atribuindo-lhes gosto agradável. Apresenta também utilidade como amaciante de carnes temperadas e legumes em conservas conforme Bortolini et al.[4]. Cada tipo de vinagre tem seu sabor, pois na transformação do álcool em ácido acético preservam-se valiosas substâncias aromáticas das matérias-primas originais e outros ácidos orgânicos podem ser formados segundo Spinosa [5]. Segundo Tesfaye et al.[6] e EMBRAPA [7] descreve que a acidez do vinagre exerce grande influência na aceitação sensorial do produto, sendo o percentual de ácido acético dos vinagres diretamente proporcional à acidez percebida sensorialmente [2].

A legislação brasileira exige um mínimo de 4,00% de ácido acético em vinagres [1], de forma que a difusão comercial e a aceitação dos produtos devem embasar-se no conhecimento de suas propriedades sensoriais, as quais contribuem para valorizar e proteger a genuinidade destes produtos [2] desde que dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira [1] que permite de 4% a 8% de acidez em vinagres.

Pode-se dizer que vinagre é o resultado da fermentação de certas bebidas alcoólicas (especialmente o vinho), provenientes de produtos contendo amido e/ou açúcar. Nesta fermentação, microorganismos da espécie *Micoderma aceti* transformam o álcool etílico em ácido acético, o que faz com que o vinho possa conter de 4% a 6% deste ácido [5]. A determinação é feita com titulações com NaOH 0,1N. A reação é demonstrada abaixo [5]:



Este trabalho teve por objetivo analisar marcas de vinagres a fim de verificar a qualidade destes produtos, através de titulação potenciométrica e colorimétrica.

O tratamento estatístico estabelece o desconhecimento da variância em relação ao valor do parâmetro teórico de 4%, aplicando-se então o teste t de Student.

Um intervalo de confiança (IC) [8] é um intervalo estimado de um parâmetro de interesse de uma população. Em vez de estimar o parâmetro por um único valor, é dado um intervalo de estimativas prováveis. O quanto estas estimativas são prováveis será determinado pelo coeficiente de confiança, $(1 - \alpha)$ para $\alpha \in (0,1)$.

Intervalos de confiança são usados para indicar a confiabilidade de uma estimativa. Por exemplo, um IC pode ser usado para descrever o quanto os resultados de uma pesquisa são confiáveis. Sendo todas as estimativas iguais, uma pesquisa que resulte num IC pequeno é mais confiável do que uma que resulte

num IC maior. Quando a variância σ^2 da população é desconhecida, é considerado uma amostra simples X_1, X_2, X_n obtida de uma população com distribuição de média μ e variância σ^2 desconhecidas. Como neste caso a variância é desconhecida, utilizaremos a variância amostral s^2 no lugar de σ^2 . Assim, temos que:

$$T = \frac{\bar{X} - \mu}{s/\sqrt{n}} \sim t_{(n-1)}$$

Ou seja, a variável T tem distribuição t de Student com $(n-1)$ graus de liberdade. Então, ao fixarmos o nível de significância α , obtemos da Tabela da distribuição t de Student com $(n-1)$ graus de liberdade, o valor $t_{((n-1), \alpha/2)}$, que satisfaz:

$$P\left(-t_{((n-1), \alpha/2)} \leq T \leq t_{((n-1), \alpha/2)}\right) = 1 - \alpha$$

A equação acima mostra a probabilidade estatística dentro de um intervalo de confiança.

2. MATERIAL E MÉTODOS:

Duas marcas identificadas como A ($VA_{\text{álcool}}$, $VA_{\text{vinho tinto}}$ e $VA_{\text{maçã}}$) e B ($VB_{\text{álcool}}$, $VB_{\text{vinho tinto}}$ e $VB_{\text{maçã}}$) de vinagres foram

comprados em supermercados da cidade Ouro Preto do Oeste-RO. As amostras foram armazenadas longe da luz e calor a fim de evitar a degradação do produto. Foram utilizados os seguintes materiais:

- Erlenmeyer de 250mL;
- Pipeta volumétrica de 2 mL;
- Pipeta volumétrica de 30 mL;
- Bureta de 50 mL;
- Suporte universal para Buretas;
- Água destilada;
- Solução padrão NaOH 0,1 N $f_c=1,06922$ e HCl 0,1 N $f_c=1,0226$;
- Pisset 500 mL;
- Béquer de 100 mL;
- Fenolftaleína 10%;
- pHmetro Gehaka mod PG-1800
- Condutivímetro Hanna 4000;

2.1. GRAN (DERIVADA 1ª) E DERIVADA 2ª - POTENCIOMÉTRICO

Para a determinação do índice ácido acético realizaram-se as titulações potenciométricas com um pHmetro Gehaka mod PG-1800, previamente calibrado com solução tampão pH=4, pH=7 e pH=10. Uma alíquota de 2,0 mL da amostra de vinagre foi transferida para um erlenmeyer de 250 mL e adicionado 30 mL de água destilada e homogeneizada. Em seguida introduziu-se com cuidado um eletrodo de vidro. Titulou-se a mostra com solução 0,1 de NaOH mol.L⁻¹ ($F_c = 1,006922$) com resultados de pH

(potencial hidrogeniônico) expressos nas figuras 01 e 02.

2.2. TITULAÇÃO DE NEUTRALIZAÇÃO COLORIMÉTRICA

Uma alíquota de 2,0 mL da amostra de vinagre foi transferida para um erlenmeyer de 250 mL e adicionado 30 mL de água destilada, 5 gotas de fenolftaleína e homogeneizada. Titulou-se a mostra com solução 0,1 de NaOH mol.L⁻¹ ($F_c = 1,006922$) até a mudança de cor do indicador com resultados do volume do ponto de equivalência expressos conforme tabela 01. As titulações colorimétricas foram realizadas em triplicata para cada tipo de vinagre.

2.3. TITULAÇÃO DE NEUTRALIZAÇÃO DE RETORNO

Uma alíquota de 20,0 mL da solução de NaOH 0,1N ($F_c = 1,006922$) foi colocada em um erlenmeyer de 250 mL e 5 gotas de fenolftaleína e homogeneizada. Titulou-se a mostra com vinagre puro contido na bureta até a mudança de cor do indicador com resultados do volume do ponto de equivalência expressos conforme tabela 01. A recomendação das normas analíticas é que as titulações colorimétricas sejam realizadas em triplicata para cada tipo de vinagre analisado [10].

2.4. TITULAÇÃO CONDUTOMÉTRICA

Diluiu-se a solução de NaOH 0,1N a 10% e pipetou-se 10 mL desta solução efetuando-se a titulação com vinagre puro contido na bureta medindo-se a condutividade até valor constante da condutividade. Os resultados do ponto de equivalência utilizando condutometria estão expressos na tabela 01.

2.5. RETROTITULAÇÃO

Na retrotitulação, pipetou-se 1 mL da amostra de vinagre e adicionou-se 25 mL de solução de NaOH 0,1N fazendo reagir o ácido acético com a base. E, seguida titulou-se o excesso de NaOH com solução padrão de HCl 0,1N devidamente padronizada com fator de correção 1,0226. Calculou-se a quantidade de NaOH que reagiu com cada vinagre e a acidez das amostras.

2.6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS

Todos os dados foram tabulados e tratados estatisticamente utilizando teste t de Student a fim de determinar os intervalos de confiança entre os valores obtidos entre os vários métodos, bem como o intervalo de confiança relativo aos métodos sobre o padrão estabelecido na

legislação brasileira de 4% de acidez em vinagres.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. POTENCIOMÉTRICA

Durante a titulação potenciométrica volumes de NaOH 0,1 mol.L⁻¹ foram adicionados e o pH da solução foram registrados após cada adição. A solução titulante foi adicionada lentamente, de maneira que as curvas de titulação foram plotadas com 17 pontos. O ponto final da titulação, ou seja, o volume de equivalência foi determinado através do ponto de inflexão das curvas de titulação, bem definido para todas as amostras utilizando-se para isso metodologia de derivadas primeira (método de Gran) e segunda e determinação por regressão linear do ponto de equivalência da derivada segunda [9]. A Figura 1^a, Figura 1b, Figura 2a e Figura 2b apresentam as curvas de titulação potenciométrica e as curvas da segunda (d^2pH/d^2v) para as três amostras de vinagres de cada marca, respectivamente. A curva da derivada segunda tem um máximo e um mínimo com ponto de intersecção exatamente no ponto de equivalência. A regressão linear determina a equação da reta entre o máximo e mínimo e com isso é determinado o ponto de intersecção quanto a abscissa vale

zero, determinando o ponto final da titulação.

Os resultados da determinação da acidez dos vinagres pelo método potenciométrico se encontram na Tabela 1.

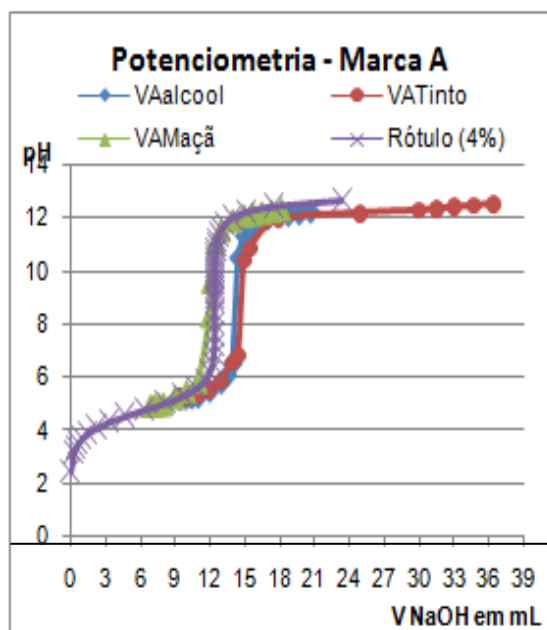


Figura 1a Curvas de titulação potenciométrica Marca A

A figura 1a demonstra as curvas de titulação potenciométrica para cada tipo de vinagre da Marca A, observando-se que apenas o vinagre de Maçã está abaixo do especificado pelo rótulo com valor de acidez de $3,671\% \pm 0,064\%$ abaixo do valor mínimo de 4% estabelecido inclusive pela legislação brasileira.

Da mesma forma a figura 1b demonstra as curvas de titulação potenciométrica para cada tipo de vinagre da Marca B, observando-se que todos os vinagres da Marca B estão acima do limite mínimo especificado no rótulo de 4% estabelecido inclusive pela legislação brasileira.

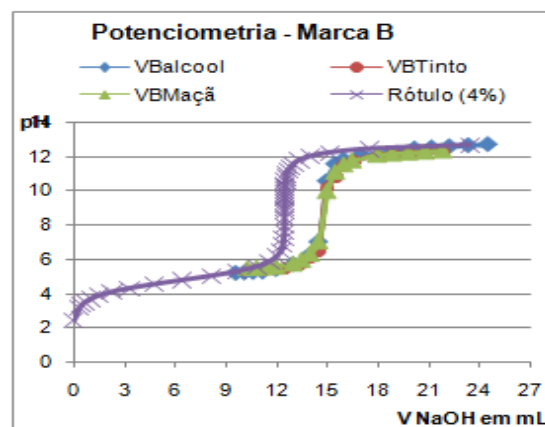


Figura 1b. Curvas de titulação potenciométrica Marca B

Com os resultados obtidos na titulação potenciométrica, utilizou-se do método das derivadas primeira e derivada segunda para determinação dos pontos de equivalência. O método da derivada primeira, também chamada de método de Gran estabelece um valor máximo para a derivada primeira como sendo o ponto de equivalência, com resultados de todos os tipos de vinagres e das duas marcas A e B expressos na tabela 01. Para a aplicação do método da derivada segunda houve a necessidade de determinar as derivadas e em seguida, por regressão linear, obtenção dos pontos de equivalências de todos os tipos de vinagres das duas marcas analisadas. A figura 1b representa o gráfico das derivadas segunda dos tipos de vinagres da Marca A.

A figura 2b representa o gráfico das derivadas segunda dos tipos de vinagres da Marca B. Ambos os gráficos estabelecem um valor máximo e um valor mínimo obrigando então a execução de uma regressão linear para obtenção dos

pontos de equivalência das titulações potenciométricas.

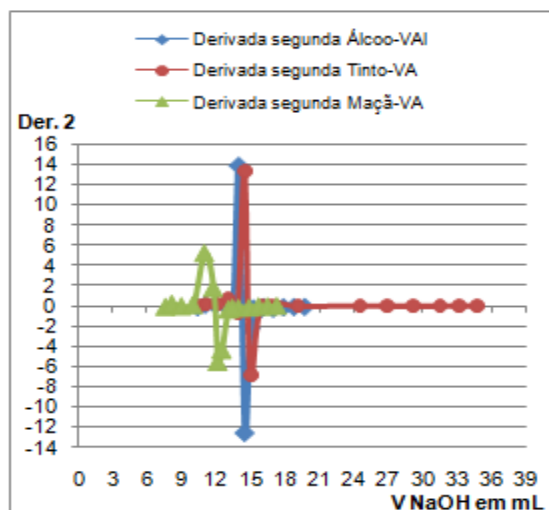


Figura 2a. Curvas de derivada segunda da titulação potenciométrica Marca A.

Valores melhores são conseguidos se em torno do ponto de equivalência forem adicionados frações de base para determinação potenciométrica dos pontos de equivalência, o que se demonstra facilmente calculando-se pontos teóricos com atividade iônica que será demonstrado posteriormente.

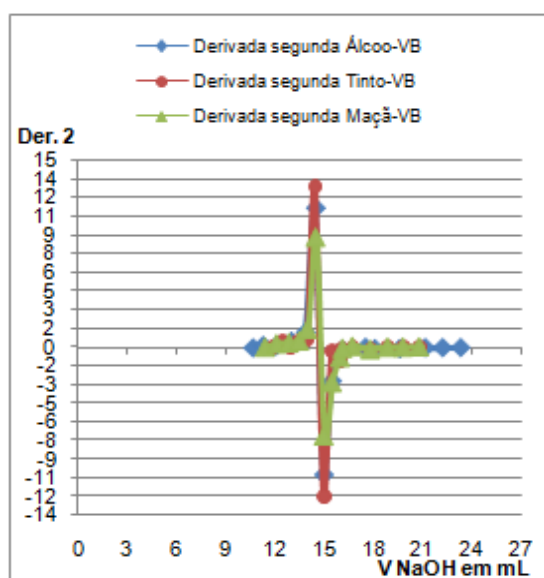


Figura 2b - Curvas de derivada segunda da titulação potenciométrica Marca B.

3.2. NEUTRALIZAÇÃO

Antes da utilização da metodologia de titulação de neutralização devem-se estabelecer critérios para escolha de indicadores devida à baixas concentrações de ácido acético em vinagres. Para isso fez-se necessário determinar teoricamente [10] uma titulação em ácido acético a 4% de acidez com solução de NaOH 0,1N com $f_c=1,006922$. O objetivo a princípio era determinar os erros de titulação na escolha de indicadores e qual indicador utilizar sem que haja erro substancial ao processo.

A figura 3 demonstra uma simulação de titulação teórica em ácido acético a 4% com a referida solução de NaOH 0,1N.

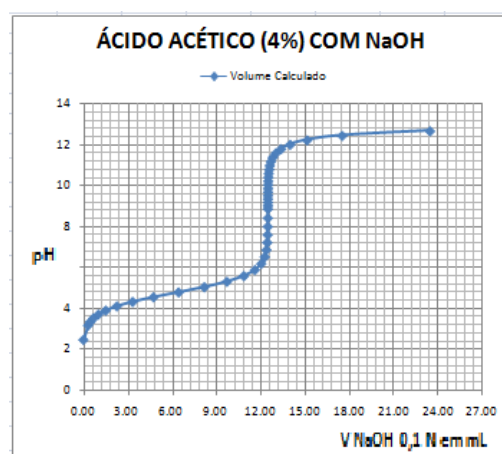


Figura 3. Curva de titulação teórica de ácido acético a 4% com NaOH 0,1N

A figura 4 mostra os erros relativos dos volumes calculados teoricamente para titulação em questão.

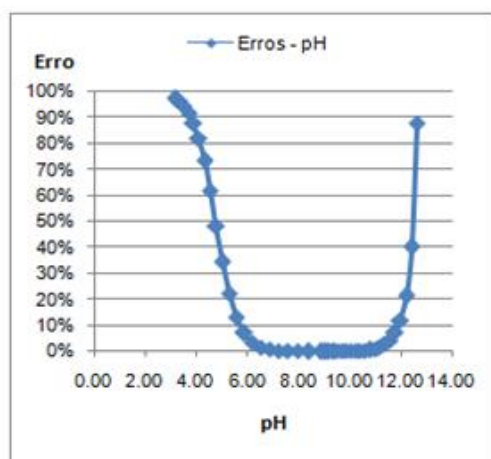


Figura 4. Erros de titulação em ácido acético com NaOH 0,1N.

Percebe-se que a escolha da fenolftaleína, que tem ponto de viragem entre 8 a 10 e dá uma margem de erro mínima possível para a análise utilizando o indicador.

Com os resultados obtidos na titulação teórica, a escolha do indicador foi definida como sendo a fenolftaleína o mais indicado.

Durante a titulação de neutralização, NaOH 0,1 N foram adicionados em 2 mL de vinagre até a mudança de coloração do indicador. O valor do ponto de equivalência foi anotado e em triplicata calculado o valor médio para cada tipo de vinagre e para cada marca. Também foi utilizada a metodologia de retorno colocando-se o vinagre na bureta e titulando-se com 20 mL de solução de NaOH contendo fenolftaleína. Todas as titulações foram realizadas em triplicata, para todos os tipos de vinagres e todas as duas marcas. Os resultados da análise se encontram na tabela 01.

3.3. CONDUTOMÉTRICA:

Pela diluição da solução de NaOH a 10% e após uma alíquota de 10 mL foi submetido à titulação condutométrica, medindo-se a condutividade da solução ponto a ponto, obtendo-se 14 pontos, que tratados qualitativamente deram resultado conforme figura 5 e, através destes, determinando as equações de inflexão para duas retas fornecendo-se assim o ponto de equivalência por condutometria para o vinagre da marca A de álcool que foi de 2,75 mL. Foi realizado o mesmo procedimento para todas as marcas e tipos de vinagres e os resultados estão expressos na tabela 01.

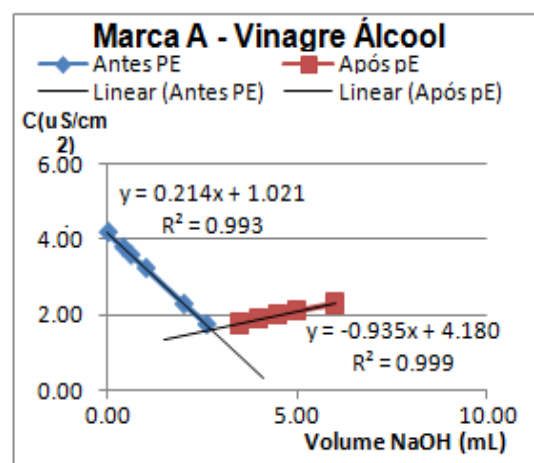


Figura 5. Titulação condutométrica de vinagre do tipo Álcool para Marca A. PE é o ponto de equivalência.

Os resultados demonstraram na condutometria, assim como os resultados da potenciometria e neutralização que o vinagre do tipo Maçã está abaixo dos limites expostos no rótulo e estabelecidos como 4% mínimo na legislação brasileira.

Nota-se que os três tipos de vinagres da marca A e da marca B comercializadas nos supermercados de Ouro Preto do Oeste-RO apresentaram resultados dentro dos padrões estabelecidos pela legislação federal (4,0-6,0%), exceto os vinagres da Marca A (Maçã) o que caracteriza o processo de acetificação incompleta. Segundo Rizzon [8] e Mene-guzzo [9] a concentração de ácido acético em vinagre própria para consumo varia de 4 a 6 %. A legislação brasileira estabelece que a sua concentração não deva ser inferior a 4,0 % [1]. De acordo com os experimentos e testes realizados, a Marca A dos vinagres de álcool, e vinho tinto apresentam teor de acidez aceitável para consumo e o vinagre de Maçã está fora dos padrões estabelecidos pela legislação. Os vinagres de álcool, vinagres de vinho tinto e vinagres de maçã da Marca B apresentam teor acima do permitido mínimo de 4% estando dentro dos padrões aceitáveis conforme legislação brasileira [1].

3.4. ATIVIDADE IÔNICA POR DEBYE-HUCKEL

Foi realizado teste teórico de uma titulação envolvendo atividade iônica para determinação teórica do ponto de equivalência de uma titulação de ácido acético com NaOH 0,1N $f_c=1,006922$. O teste

teórico foi realizado com 314 pontos dentro dos pH de 2.47 a 12.48. O resultado, após derivada segunda e regressão linear foi de 12.47 mL. Este valor quando calculado através das equações químicas nos fornece um teor de acidez de 4% exatamente. A figura 6 mostra a titulação por Debye-Huckel.

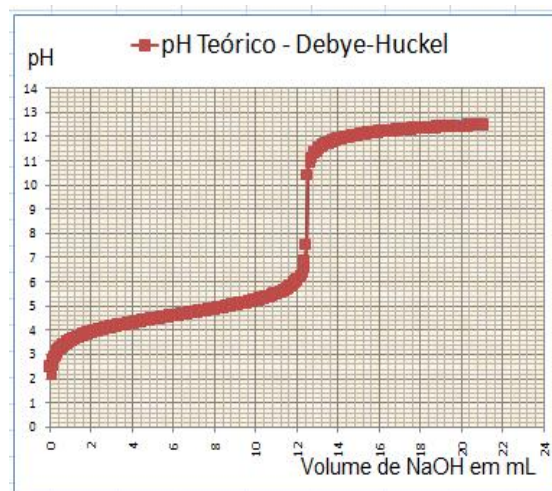


Figura 6. Titulação de ácido acético a 4% com NaOH 0,1N

Com relação à metodologia utilizada, tanto o método analítico instrumental potenciométrico como o titulométrico por colorimetria usando indicador ácido-base estão apresentando percentuais com pouca diferença em relação ao rótulo. Os desvios em relação aos métodos são baixos, o que demonstra a confiabilidade dos métodos e a acreditabilidade do método.

A tabela 01 demonstra os resultados da acidez de todos os tipos das marcas A e B. A acidez média do vinagre de Maçã da Marca A é destacada em vermelho como o único tipo fora dos padrões exigidos pela legislação brasileira.

Tabela 01 Concentração de ácido acético nos vinagres VA, VB.

RESULTADOS DAS ANÁLISES DE VINAGRES MARCAS A e B						
	MARCA A			MARCA B		
MÉTODO	A _{Alcool}	A _{Tinto}	A _{Maçã}	A _{Alcool}	A _{Tinto}	A _{Maçã}
Retrotitulação	4.57%	4.72%	3.66%	4.72%	4.75%	4.73%
Derivada 1a	4.57%	4.73%	3.66%	4.73%	4.73%	4.73%
Potenciométrica	4.58%	4.76%	3.80%	4.74%	4.73%	4.74%
Indicador ácido-base	4.55%	4.65%	3.63%	4.75%	4.78%	4.51%
Retorno - indicador	4.58%	4.67%	3.61%	4.75%	4.58%	4.58%
Condutométrica	4.67%	4.79%	3.67%	4.68%	4.68%	4.79%
Rótulo	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
Desvio x Rótulagem	Desvio %	Desvio %	Desvio %	Desvio %	Desvio %	Desvio %
% Retrotitulação	14.27%	17.88%	-8.58%	17.88%	18.68%	18.28%
% Derivada 1a	14.27%	18.28%	-8.58%	18.28%	18.28%	18.28%
% Potenciométrica	14.39%	18.93%	-5.08%	18.38%	18.36%	18.49%
% Indicador ácido-base	13.87%	16.28%	-9.14%	18.68%	19.49%	12.64%
% Retorno indicador	14.56%	16.64%	-9.64%	18.80%	14.56%	14.56%
% Condutométrica	16.64%	19.69%	-8.35%	17.07%	17.07%	19.69%
Acidez Média	4.587%	4.718%	3.671%	4.727%	4.710%	4.680%
Desvio Padrão	± 0.040%	± 0.052%	± 0.064%	± 0.011%	± 0.070%	± 0.110%
Intervalo de Confiança	4.50%	4.61%	3.54%	4.70%	4.57%	4.45%
IC 99% - Teste t	4.67%	4.83%	3.80%	4.75%	4.85%	4.91%
Intervalo de Confiança			3.87%	4% Rótulo		
IC 99% - Teste t para padrão 4%			4.13%	Erro Padrão= ± 0.064%		

Todos os dados foram tratados estatisticamente levando em consideração os métodos utilizados para cada análise. A média de acidez foi calculada de forma aritmética entre os cinco métodos utilizados. O teste t de Student foi aplicado de forma a se determinar o intervalo de confiança para cada média de acidez para cada tipo de vinagre, com grau de confiança de 95% e grau de confiança 99%. Dentre os graus de liberdade, o que melhor atende aos métodos em conjunto é o de 99%, onde foi determinado o intervalo de confiança para cada média de cada tipo de vinagre e de cada marca. Os resultados demonstram, conforme tabela 01, o IC de cada média para cada tipo

considerando 99% de confiança o que nos deu $t=4,604$ como parâmetro para todos os intervalos aqui determinados. Ou seja, para 99% de confiança os métodos utilizados terão valores dentro dos intervalos calculados. Com relação ao tipo maçã da marca A, com IC de 99% e intervalo $3,870\% \leq 4,000\% \leq 4,130\%$, o valor determinado, utilizando todos os métodos foi de $3,671\% \pm 0,064$, ficando abaixo do intervalo de confiança determinado pelo valor permitido pela legislação. A figura 07 e figura 08 demonstram um comparativo dos resultados da tabela 01 para todos os métodos, rótulo e média de cada análise.

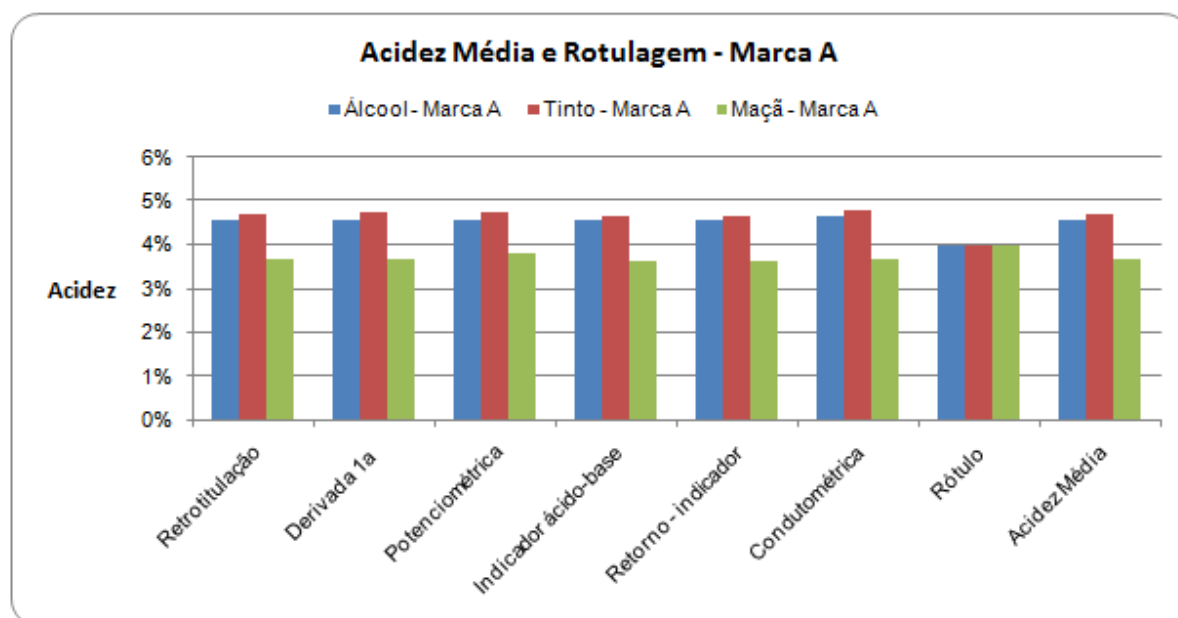


Figura 7. Comparação dos métodos-Marca A

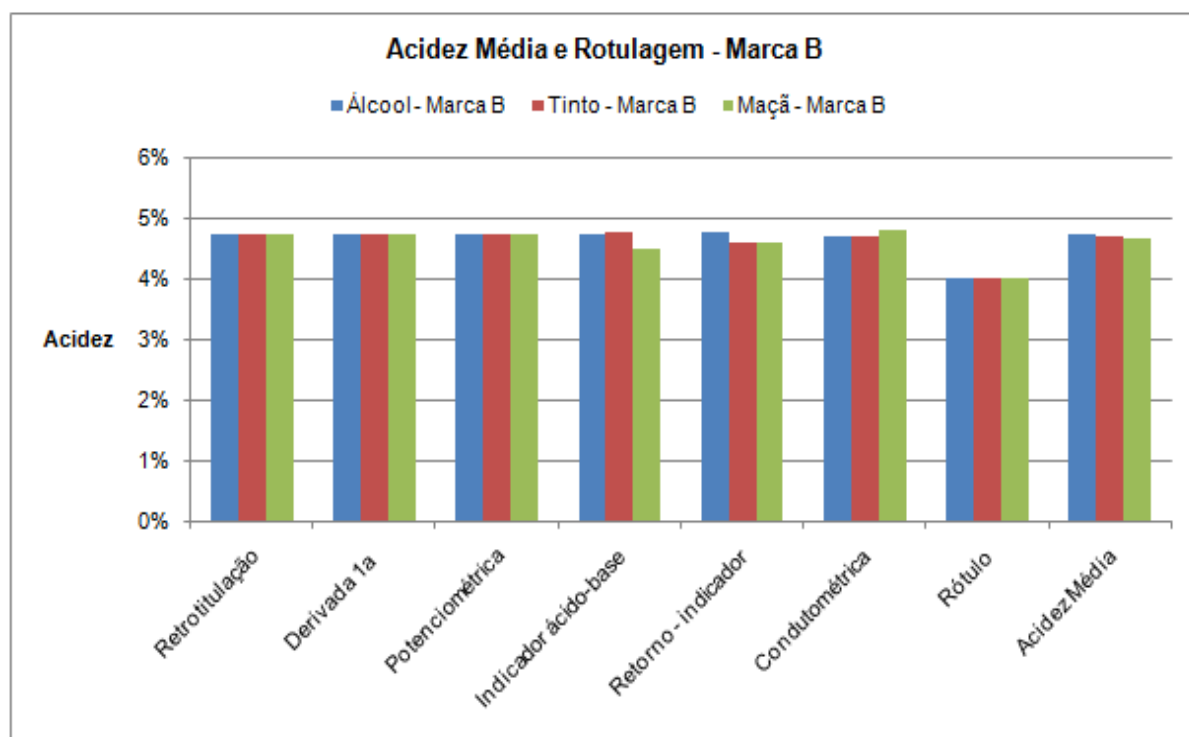


Figura 8. Comparação dos métodos-Marca B

CONCLUSÕES:

Quando comparados as informações com os rótulos os vinagres conforme figura 07 e figura 08, as duas marcas apresentaram informações concentração de acidez a 4%. No entanto as

análises demonstraram, tanto pela metodologia potenciométrica como a colorimétrica com indicadores de neutralização uma concentração de acidez média de $3,671\% \pm 0,064\%$ o que é menor que a informada de 4% no rótulo e estabelecida

como mínimo pela legislação brasileira no tipo Maçã da Marca A. Os valores da concentração de acidez de maçã da Marca A não se encontram de acordo com a legislação vigente no país [1] valores permitidos 4 – 6 %, o que leva a um produto de baixa qualidade. Quanto aos demais tipos, vinagre de álcool e de vinho tinto da marca A e vinagres de álcool, vinho tinto e maçã da marca B estão acima de 4% dentro dos limites permitidos pela legislação vigente no país.

Quanto às metodologias empregadas, a análise estatística pelo teste de hipótese t de Student demonstra os intervalos de confiança dos vários métodos dentro de um intervalo de confiança de 99% e que os mesmos satisfazem significativamente a análise. Assim, qualquer aplicação dos métodos sobre as amostras apresentadas estarão dentro da credibilidade de uma análise. A diferença percentual entre uma e outra, apresentadas na tabela 01 demonstra a confiabilidade da análise permitindo o uso das metodologias aqui utilizadas para qualquer tipo de análise titulométrica clássica ou instrumental envolvendo acidez ou basicidade de um composto qualquer, e parte das análises importantes na química analítica quantitativa conforme VOGEL [11] demonstra para vários compostos.

REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 36, de 14 de outubro de 1999.** Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para fermentados acéticos. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 de outubro de 1999, Seção 1, p. 76.
- [2] GRANANDA, G. G. et al. **Vinagres de folhas de videira: aspectos sensoriais.** Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, v. 18, n. 1, p. 51-56, 2000.
- [3] RIZZON, L.; MENEGUZZO, J. Sistema de produção do vinagre. EMBRAPA. Dez 2006. Disponível em: <[http:// sistemasdeproducao . cnptia . Embrapa . BR / FontesHTML / Vinagre / SistemaProducaoVinagre / legislacao . htm # topo](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Vinagre/SistemaProducaoVinagre/legislacao.htm#topo)> Acesso em: 06 dez 2009.
- [4] BORTOLINI, F.; SANT'ANNA, E. S.; TORRES, R. C. **Comportamento das fermentações alcoólica e acética de sucos de kiwi (Actinida deliciosa): composição dos mostos e métodos de fermentação acética.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 21, n. 2, p. 236-243, 2001.
- [5] SPINOSA, W.A. **Isolamento, seleção, identificação e parâmetros cinéticos de bactérias acéticas provenientes de indústrias de vinagre.** Campinas, 2002. Tese (Doutor em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas.
- [6] TESFAYE, W. et al. **Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation.** Trends in Food Science and Technology, v. 13, p. 12-21, 2002.
- [7] EMBRAPA, **Sistema de produção de Vinagre,** 2006. Disponível em <<http://sistema>

deprodução<ptia.embrapa.br/Fon-
tesHTML/Vinagre/SistemaProduçãoVi-
nagre>, Acesso em 22/09/2012.

[8] **Intervalo de Confiança. Inferência Estatística.** Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/inferencia/412-varianca-desconhecida>> Acesso em 13/11/2018.

[9] BACCAN, Nivaldo; ANDRADE, João Carlos de. **Química Analítica Quantitativa Elementar.** 3 ed. Edgard blucher, 2001.

[10] LEÃO, V.G. **Titulometria.** Apostila de Química Analítica Quantitativa pg. 25 a 41– 2018.

[11] VOGEL, A.I.; MENDHAM, J. et al. **Análise química quantitativa.** 6. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2002. xviii,462 p.

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO COM RESÍDUOS DE BORRACHA DE PNEU

ANALYSIS OF CONCRETE RESISTANCE WITH TIRE RUBBER RESIDUES

RESUMO

De acordo com a resolução 258/99 do CONAMA, desde 1999 ficou estabelecido que a indústria fabricante de pneus fosse obrigada a dar um fim ambientalmente correto aos pneus sem utilidade. Visando a necessidade do reaproveitamento desse material, foram pensadas várias formas para a utilização do mesmo, como, calçadas, pavimentação flexível, contenção de talude como sapatas e entre outros. Por esta razão elaborou-se um concreto onde substituiu-se parte do agregado miúdo por borracha de pneus granulados para a avaliação de suas propriedades tanto no estado fresco, quanto no estado endurecido do concreto. Usando-se de métodos quantitativos realizaram-se ensaios de resistência sujeitando o concreto a testes de tração e compressão. Os ensaios indicaram que a resistência foi prejudicada com o uso do aditivo, mas o concreto com o uso da borracha mostrou-se resistente à tração.

Palavras-chave: Ensaio, Resistência, Concreto Modificado.

ABSTRACT

According to CONAMA Resolution 258/99, since 1999 it was established that the tire manufacturer is obliged to give an environmentally correct purpose to the tires without utility. Aiming at the need to reuse this material, several ways were considered for the use of the same, such as, sidewalks, flexible pavement, slope containment as shoes and among others. For this reason a concrete was elaborated where part of the kid's aggregate was replaced by rubber of granulated tires for the evaluation of its properties both in the fresh state and in the hardened state of the concrete. Using quantitative methods, resistance tests were performed subjecting the concrete to tensile and compression tests. The tests indicated that the strength was impaired with the addition of the additive, but the concrete with the use of rubber proved to be resistant to traction.

Keywords: Rehearsal, Resistance, Modified Concrete.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com [1], um pneu demora cerca de 600 anos para se decompor, em média sua vida útil varia de 40000 a 100000 km, dependendo das condições de utilização. Um pneu pesa em torno de 6 a 10 kg, perdendo até 10% do seu peso até o fim da sua vida, os pneus comuns possuem entre 3 a 4% de aço, e o radial 10% em sua estrutura, o aproveitamento após a vida útil pode chegar até 64,7% de sua massa, o que significa uma margem expressiva de reaproveitamento para um material tão nocivo para o meio ambiente.

A reciclagem tem um papel muito importante para a redução dos impactos ambientais, no caso da borracha, ajuda a preservar a natureza, evitando a poluição do solo, água e ar.

[1] mostra que a substituição de agregados miúdos por borracha para a produção de concreto, resulta em um material durável, economicamente viável e capaz de absorver mais energia quando submetido a impacto. (exemplo: pavimentação).

O intuito deste trabalho é avaliar a ação que os resíduos de borracha de pneu causam nas propriedades do concreto, bem como na sua durabilidade e viabilidade, em relação ao concreto convencional.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Para esta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais:

- Cimento: CP V ARI;
- Água proveniente: da rede de abastecimento da cidade de Ouro Preto do Oeste – RO
- Areia natural quartzosa;
- Brita 1 basáltica;
- Borracha de pneu granulada; Granulada por moinho triturador para borracha.
- Aditivo superplastificante a base de policarboxilato da marca Camargo Química.

2.1.2 Agregados Miúdos

2.1.2.1 Borracha Granulada

Possuem forma alongada, tipo fibra com comprimento aproximadamente de 30mm e espessura de 2 a 3mm. Sendo usada 15% no concreto modificado.

A borracha não possui procedimentos normalizados que a caracterize como agregado para o concreto, inicialmente tem-se que identificar as propriedades do agregado para melhor entendimento, para isso pode ser feito procedimentos para caracterizá-la como: massa unitária[3] e massa específica [4].

2.1.2.2 Areia

“Areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,8 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,075 mm.” [5].

Para a caracterização da areia, foi feita a análise granulométrica, para obter-se o conhecimento do comportamento dos grãos, ensaios de massa unitária e massa específica, conforme NBR [2], [3], [4], [5] e [6] que determina o modo como deve ser feitos esses ensaios.

2.1.3 Agregados Graúdos

2.1.3.1 Brita 1

Agregados graúdos são agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR 7211, com peneiras definidas pela ABNT [8].

Para a caracterização da brita, fez-se os ensaios de massa unitária e massa específica, conforme NBR [6], [7], [8], que determina o modo como deve ser feitos esses ensaios.

2.1.4 Cimento

O cimento Portland de alta resistência inicial (CP V – ARI) tem a peculiaridade de atingir altas resistências já nos primeiros dias da aplicação. O cimento continua ganhando resistência até os 28 dias, atingindo valores mais elevados que os demais, proporcionando maior rendimento ao concreto. [10]

Para o aglomerante foi realizado o ensaio de massa específica através do frasco volumétrico de Le Chatelier, de acordo com a norma [9].

2.2 MÉTODO

2.2.1 Traço do concreto

Para se obter um concreto com determinada resistência utiliza-se um traço pré-estabelecido, a proporção entre cimento, brita, água, areia e aditivo que serão definidas pelo mesmo para que o material tenha resistência desejada para determinada função.

A borracha adicionada no concreto foi em relação à massa da areia definida no traço, desta forma foram realizados oito corpos de prova em laboratório com substituição de 15% do agregado miúdo por resíduos borracha, e oito corpos de prova com o concreto convencional. O traço definido foi, 1:2,19:0,37:2,31:0,48.

Traços em Massas (Kg)					
Concreto Convencional	Cimento	Areia	Brita	Borracha	Água
	6,24	15,54	14,42	0	2,99
Concreto Modificado	6,24	13,23	14,42	2,31	2,99

Tabela 1- Modificada com resíduos de borracha/Traço Convencional.

Fonte: AUTORAS, 2018.



Figura 1 - Slump Teste.
Fonte: AUTORAS, 2018.

2.2.2 Procedimento para a realização dos corpos de prova:

Inicialmente passou-se óleo nos corpos de prova, para facilitar a desforma posteriormente. Em seguida, separou-se os materiais necessários para cada traço definido. Na caixa de mistura para concreto hidratou-se a brita com $\frac{1}{3}$ da água, depois desse processo adicionou-se a areia e o cimento. Aos poucos acrescentou-se o restante da água junto ao aditivo até a obtenção da consistência desejada.

Após esse processo, realizou-se o *Slump test* conforme a Figura 1, segundo a norma [11], onde obteve-se um Slump entre 6 a 8 cm de Slump, acrescentar mais água e repetir o teste até obter o resultado desejado.

2.2.3 Corpos de Prova

Colocou-se o concreto nos corpos de prova, dividido em três camadas, sendo 12 golpes cada, lembrando que os golpes não podem ultrapassar a camada anterior. Após moldados os corpos de prova ficaram 24 horas nos moldes para a determinação de início e fim de pega em laboratório, após esse período os concretos foram desmoldados como ilustra a Figura 2, e curados por meio de

submersão até a idade de rompimento. Sendo que, todos os procedimentos consistiram segundo a norma [12].



Figura 2 - Após desenformar dos corpos de prova.

Fonte: AUTORAS, 2018.

2.2.4 Rompimento

Após sua cura de 3 e 7 dias o concreto passou por teste de resistência de acordo com as Figuras 3 e 4, realizado pelo método do ensaio de compressão e tração diametral, sendo 3 corpos de prova para compressão e 1 corpos de prova para tração diametral. Após feito o teste dos concretos entre 3 e 7 dias, realizou-se a resistência média de acordo com a norma [13].



Figura 3- Rompimento do concreto com resíduos de borracha.

Fonte: AUTORAS, 2018.



Figura 4 - Rompimento do concreto convencional resíduos de borracha.

Fonte: AUTORAS, 2018.

3 RESULTADOS

Para a elaboração de um concreto de boa qualidade é preciso conhecer seus agregados, tanto suas características físicas como também mecânicas e granulométricas. Observe a tabela abaixo com as massas específicas e as massas unitárias dos agregados utilizados.

Ensaio (g/cm ³)	Borracha de pneu	Areia	Brita	Cimento CPV-ARI
Massa específica	1,02	2,63	2,79	5
Massa unitária compactada	0,142	1,38	1,39	*
Massa unitária solta	0,072	1,29	1,24	*

* A massa unitária do cimento é dispensada para elaboração do traço, por isso a mesma não foi apresentada.

Tabela 2– Caracterização dos agregados.

Fonte: AUTORAS, 2018.

Os desempenhos do concreto foram verificados através das variações da resistência do novo traço de concreto criado com a substituição de 15% do agregado

miúdo por resíduos de borracha de pneu, analisando as mudanças ocorridas no novo traço comparadas ao concreto de alto desempenho, sendo analisada a resistência à compressão e resistência à tração.

Tipo de Concreto	Idade (Dias)	Resistência à Compressão (Mpa)	Resistência à Tração (Mpa)	Média da Resistência à Compressão (Mpa)
Convencional	3	12,44	4,54	11,96
		12,09		
		11,35		
	7	17,45	4,36	16,91
		17,28		
		16,01		
15% de Borracha	3	4,64	3,08	4,56
		4,53		
		4,51		
	7	6,09	3,94	5,82
		6,02		
		5,35		

Tabela 3 - Resistências dos concretos.
Fonte: AUTORAS,2018.

Verificou-se que o comportamento mecânico do concreto com 15% de borracha após seus dias de cura, apresentou uma falha devido uso do aditivo, ocorrendo à baixa resistência deste. O uso do aditivo teve a finalidade de obter um concreto de qualidade, porém o seu uso incorreto e indiscriminado prejudicou a pega do concreto e consequentemente as características finais do concreto.

4 CONCLUSÃO

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver uma dosagem alternativa de concreto com o uso da borracha, para que permita ter um material resistente e ao mesmo tempo contribuir para a preservação do meio ambiente através do aproveitamento de resíduos de borracha de pneu. Após a sua elaboração e testes, pode-se observar que mesmo com uso incorreto do aditivo o concreto com a borracha resiste mais a tração do que o concreto convencional. A resistência à tração do concreto convencional diminui 63,7% com três dias e 75% com sete dias comparados a resistência à compressão, já o do concreto com a borracha diminui somente 33,62% com três dias e 35,30% com sete dias.

Diante disso, o concreto com adição de 15% de borracha de pneus apresenta melhor desempenho à tração, sendo assim quando houver necessidade de melhor resistência à tração o uso deste concreto é a melhor opção, pois além de ter um bom desempenho reduzirá o montante de resíduos de pneus no meio ambiente.

5 REFERÊNCIAS

- [1] MOREIRA e col. **Concreto com borracha de pneu aplicado em ciclovia**. Uberlândia. 2014.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520: informação e documentação: citações em documentos**. Rio de Janeiro. 2002.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45. Determinação da massa unitária e do volume de vazios** . Rio de Janeiro. 2006.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52. Agregado miúdo-Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro. 2003.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248. Agregados-Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro. 2003.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211 - Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro. 2005

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53. Agregado graúdo-Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro. 2006.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM ISO 3310-1. Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação - Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico.** Rio de Janeiro. 1997.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6474 - Cimentos Portland e outros materiais em pó- Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro. 1984.

[10] O MUNDO DO CIMENTO- **CP V-ARI - Cimento Portland de alta resistência inicial-2017-** <https://cimento.org/cp-v-ari-cimento-portland-de-alta-resistencia-inicial/> - acesso em: 12/04/2018.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67. Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro. 1998.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro. 2003.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5739 – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto.** Rio de Janeiro. 2007.

INFLUÊNCIA DE EXTRATOS DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea* MART.) E PITANGA (*Eugenia uniflora* L.) NA ATIVIDADE DE ENZIMAS DE BIOTRANSFORMAÇÃO HEPÁTICAS DE RATOS

EXTRACT INFLUENCE OF AÇAÍ (*Euterpe oleracea* MART) AND BRAZILIAN CHERRY (*Eugenia uniflora* L.) AT THE ACTIVITY OF HEPATIC BIOTRANSFORMATION ENZYMES OF RATS

Taís da Silva Rosa^{1*}, Maria Carolina Neves de Souza², Soraia John da Silva³, Cristiane Martins Cardoso⁵

1. Msc., Doutoranda do curso de Pós graduação em Química da UFRRJ.

2. Graduada em Medicina Veterinária pela UFRRJ.

3. Msc., Doutoranda do curso de Pós graduação em Química da UFRRJ.

4. Prof. Dsc. Da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

*Autora correspondente: tais.rosa@alf.ifmt.edu.br

RESUMO

As enzimas Citocromo P450 (CYP) e Glutathione S-transferase (GST) participam do processo de metabolização celular de compostos xenobióticos tornando-os menos tóxicos e facilitando sua eliminação (biotransformação). Durante esse processo, a ação da CYP pode ativar compostos potencialmente tóxicos prejudicando o funcionamento celular. Melhores resultados de desintoxicação podem ser alcançados diminuindo a ação da CYP e aumentando a ação da GST, responsável pela eliminação da maioria destes compostos. Estudos têm sido realizados no intuito de avaliar efeitos que componentes bioativos de vegetais realizam sobre a atividade das enzimas de biotransformação. Há varias frutas ricas em compostos que, isolados, são reportados como moduladores de atividade enzimática incluindo enzimas biotransformadoras. O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de compostos de açaí e pitanga em inibir a atividade de CYP e aumentar a atividade de GST hepática de ratos, buscando otimizar o processo de biotransformação. A atividade de enzimas da família de CYP (PROD, EROD, MROD e ECOD) foi determinada fluorimetricamente utilizando substratos específicos, e a atividade de GST foi realizada por ensaio espectrofotométrico utilizando o substrato CDNB. Foram utilizados nos ensaios extratos de etéreos de açaí e pitanga. Dentre os extratos testados, apenas o extrato etéreo de açaí promoveu modulação parcialmente satisfatória, já que o extrato de

pitanga não demonstrou influência sobre as enzimas. O extrato de açaí inibiu expressivamente a atividade de CYP, possivelmente diminuindo a ativação de compostos tóxicos, porém também foi inibidor da GST diminuindo a capacidade celular de eliminação destes compostos.

Palavras-chave: Citocromo P450, GST, biotransformação, açaí, pitanga.

ABSTRACT

The Citocromo P450 enzymes (CYP) and Glutathione S-transferase (GST) participate in the process of cellular metabolism of xenobiotic compounds making them less toxic and facilitating their elimination (biotransformation). During this process, the action of CYP can activate potentially toxic compounds impairing the cellular function. Better detoxification results can be achieved by decreasing the action of CYP and increasing the action of GST, responsible for the elimination of most of these composts. Studies have been carried out to evaluate the effects of bioactive components of plants on the activity of biotransforming enzymes. There are several fruits rich in compounds that, isolated, are reported as modulators of enzymatic activity including biotransforming enzymes. The aim of this work was to evaluate the capacity of açaí and brazilian cherry composts in inhibiting the activity of CYP and increasing the activity of hepatic GST of rats, searching to optimize the biotranformation process. The activity of enzymes of the CYP family (PROD, EROD, MROD and ECOD) was determined fluorimetrically using specific substrates and the GST activity was performed by spectrophotometric assay using the CDNB substrate. Ethereal extracts of açaí and brazilian cherry were used in the tests. Among the extracts tested, only the ethereal extract of açaí promoted partially satisfactory modulation, since the extract of brazilian cherry did not show influence on the enzymes. The extract of açaí inhibited the activity of CYP expressively, possibly decreasing the activation of toxic compounds, however also inhibited GST by decreasing the cellular capacity of elimination of toxic compounds.

Keywords: Cytochrome P450, GST, Biotransformation, açaí, brazilian cherry.

1. INTRODUÇÃO

A eliminação de substâncias prejudiciais ao organismo ocorre principalmente por ação enzimática, tendo a participação de enzimas como as pertencentes à família Citocromo P450 (CYP) e Glutathione S-transferase (GST). Essas enzimas podem ter

localização hepática e extra-hepática e participam do processo de biotransformação de xenobióticos (compostos estranhos ao organismo), convertendo substâncias originalmente lipofílicas em metabólitos mais hidrofílicos e facilitando sua excreção [1].

A desintoxicação enzimática de xenobióticos pode ser dividida em duas fases distintas, porém estritamente relacionadas [2]. Na primeira fase do processo, a conversão desses compostos em produtos altamente reativos ocorre através da introdução de um ou mais grupamentos hidroxila no substrato. O produto gerado a partir do metabolismo xenobiótico decompõe-se em um agente eletrofílico altamente reativo, podendo então reagir com biomoléculas essenciais e diminuir ou impedir o desenvolvimento celular [3]. Na segunda fase do metabolismo ocorre a conjugação com um substrato endógeno, por exemplo a glutatona, através de enzimas como Glutathione S-Transferases (GST), UDP-Glucuroniltransferases (UGT), que promovem a inativação dos produtos formados durante a primeira fase.

Este processo pode levar à perda do potencial tóxico de diversos compostos, do efeito farmacológico de diversas drogas ou, contrariamente, pode ativá-las. Grande parte das substâncias consideradas potencialmente carcinogênicas necessitam serem ativadas metabolicamente no organismo para hajam efetivamente como carcinogênicas. As reações de ativação metabólica de compostos cancerígenos são catalisadas por várias enzimas, as enzima de fase I do processo de biotransformação [3].

De fato, a eliminação de compostos cancerígenos e redução de efeitos mutagênicos por compostos promotores ou inibidores é de importância crucial para retardar efeitos biológicos negativos e prejudiciais ao desenvolvimento celular, elucidando mecanismos associados ao surgimento de várias patologias. Algumas isoformas de CYP encontradas no cérebro podem estar envolvidas no fator de susceptibilidade para o desenvolvimento da doença de Parkinson. O CYP2E1 que está associado com a produção de radicais livres e formação de toxinas endógenas metaboliza n-hexano, levando a formação do metabólito neurotóxico 2,5-hexanodiona que pode explicar casos de parkinsonismo induzido por solvente [4,5].

Portanto, muitos estudos estão sendo realizados voltados para a avaliação dos efeitos de compostos bioativos sobre o mecanismo de ação de enzimas de biotransformação, seja na inibição das enzimas da família do CYP ou na ativação de GST [6]. Historicamente, creditou-se ao consumo de vegetais e particularmente frutas

o benefício à saúde [7]. Vários estudos foram e continuam sendo realizados a fim de propor que compostos bioativos, principalmente fenólicos, exercem efeitos positivos em doenças crônicas, incluindo câncer e doenças neurodegenerativas [8].

Estudos *in vitro* indicam a modulação da atividade de isoformas de CYP por flavonoides amplamente distribuídos em plantas comestíveis, frutas e vegetais; que podem ser consumidos diariamente em grandes quantidades. Já foi observado por Rashid et al. [9] que, quando administrados oralmente, flavonoides como a flavona, tangeritina e nobilitina inibem a atividade de algumas famílias de CYPs, nos órgãos onde são encontradas.

Constituintes do sumo de *grapefruit* são conhecidos por modular alguns sistemas de CYP de mamíferos tais como as isoenzimas CYP 3A4 intestinal e CYP 2A6 hepática, reduzindo a biotransformação de drogas aumentando a biodisponibilidade destas [10]. Estudos indicam que um único copo de suco de *grapefruit* pode aumentar significativamente a biodisponibilidade oral de uma variedade de medicamentos comumente usados. Presume-se que o mecanismo deste efeito envolve a diminuição ou retardo no metabolismo desses medicamentos, a partir da diminuição da atividade de enzimas da família CYP, uma vez que muitos dos medicamentos avaliados parecem ser bem absorvidos quando tomados na ausência do sumo de *grapefruit* [11].

Relacionados a segunda fase do processo de biotransformação, estudos mostram que extratos brutos de diversos vegetais tem sido relacionado como ativadores da GST. Em ensaios *in vitro*, quando em células de mamíferos, os extratos de alguns vegetais testados se mostraram eficazes na indução da GST. Outros estudos reportam a ativação da GST em tecidos animais e associam-na como fator de prevenção de doenças como câncer, uma vez que esta ativação diminui o tempo de exposição do organismo ao composto considerado prejudicial [12].

Frutas e outros vegetais possuem em sua composição, diversas substâncias antioxidantes e outros compostos, cujas atividades benéficas à saúde têm sido bem comprovadas nos últimos anos. Substâncias antioxidantes como compostos fenólicos, contribuem para os efeitos benéficos destes alimentos. Somando-se a isto, estudos têm demonstrado que compostos bioativos naturais possuem efeitos significativos na diminuição de doenças como o câncer, e evidências epidemiológicas demonstram que o consumo de alimentos considerados fontes de compostos bioativos, diminui a

possibilidade de ocorrência de doenças cardiovasculares, efeito causado possivelmente por propriedades antioxidantes que estes compostos possuem[13].

A capacidade de componentes de alimentos de regular ou modular a expressão de enzimas biotransformadoras sugere que essas enzimas podem representar um elo essencial entre a alimentação e a prevenção de doenças ou possibilitando a extração e purificação destes componentes para posterior utilização ou um maior controle de seu consumo [14]. Frutas são reconhecidas fontes de compostos bioativos como flavonoides e outros capazes de modular a atividade de enzimas de biotransformação. Uma das melhores fontes são pitanga, que contém quercetina, kaempferol e miricetina [2,15]; e açaí, que contém grande quantidade de polifenóis, mais notadamente antocianidinas e flavonoides, e dentre estes se destacam a quercetina, a orientina e seus derivados e proantocianidinas [16,17].

Muitos destes compostos estão presentes no sumo de *grapefruit*, que é relatado em diversos estudos por interferir com o sistema do CYP de mamíferos, reduzindo sua atividade metabólica [18, 19, 20,21]. Limonoides presentes nas frutas cítricas tem como principal mecanismo de ação a indução da GST [22].

O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade modulatória de extrato etéreo de açaí e de pitanga sobre a atividade de enzimas, CYP e GST, de forma a inibir a ação da primeira e ativar a segunda. Desta forma, estes resultados culminariam no aumento da eficiência do processo de biotransformação e diminuição da ativação de compostos possivelmente cancerígenos, aumentando o processo de excreção dos produtos hidrofílicos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. OBTENÇÃO DE FRAÇÃO ENZIMÁTICA CEREBRAL DE RATOS

As amostras de cérebro de ratos Wistar machos foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas em homogeneizador Potter-Elvehjem teflon/vidro, numa proporção de 1,0 g de cérebro para 4,0 mL de solução tampão gelada (fosfato de potássio 0,1 M, de pH 7,0, contendo sacarose 0,25 M). Os homogeneizados foram centrifugados a 9.000 x g por 45 minutos a 4 °C. Os sobrenadantes desta primeira centrifugação foram transferidos para novos tubos e ultracentrifugados em ultracentrífuga Hitachi, a 100.000 x g por 90 minutos a 4 °C. O sobrenadante, fração citosólica, foi recolhido,

aliquotado e armazenado em freezer (aproximadamente -20°C) até sua utilização nos ensaios de atividade enzimática.

2.2. DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO PROTEICA NA FRAÇÃO SOLÚVEL DE CÉREBRO DE RATO.

A determinação da concentração proteica foi realizada segundo método Peterson [23]. Os resultados foram expressos em atividade específica, padronizado para a concentração de proteínas solúveis estimada, utilizando como padrão 10µg e 100µg de albumina sérica bovina (BSA) e utilizados no cálculo das atividades enzimáticas específicas.

2.3. OBTENÇÃO DOS EXTRATOS DE PITANGA E AÇAÍ.

2.3.1. Obtenção dos extratos brutos de pitanga e açaí

Os compostos bioativos presentes na polpa “*in natura*” triturada de açaí e de pitanga obtidos comercialmente, foram extraídos com éter de petróleo P.A. na proporção de 1:5 (g da amostra: mL de água) durante 1 hora em agitador magnético à temperatura ambiente. A solução foi filtrada a vácuo em funil de Büchner e o resíduo líquido centrifugado a 3.000 rpm por 2 minutos para decantação de sólidos mais finos. Os extratos etéreos obtidos foram utilizados no estudo da influência sobre a atividade enzimática [24].

2.3.2 Determinação da atividade de GST não específica

A atividade da enzima GST foi determinada segundo metodologia descrita por Habig et al. [25]. O ensaio foi realizado em duplicata, em meio reacional contendo tampão fosfato de potássio (0,1 M, pH 6,0) e fração citosólica, na presença de 100 µL de glutathione reduzida (GSH) 50 mM. A reação foi iniciada pela adição de 20 µL de 1-cloro 2,4-dinitrobenzeno (CDNB) 100 mM (preparado em etanol) utilizado como substrato. O ensaio na ausência da enzima, foi realizado para verificar a taxa de reações não-enzimáticas. A reação foi acompanhada espectrofotometricamente, a 340nm, durante 3 minutos. Controles positivos foram feitos da mesma forma que nos testes, não havendo, no entanto, a adição dos extratos. Para o cálculo da atividade específica da GST foi utilizado o coeficiente de absorvidade molar $9,6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

2.3.3 Determinação da atividade de enzimas da família Citocromo P450 (CYP)

Para determinação da atividade das enzimas da família CYP foram adotadas metodologias que utilizam substratos específicos para cada isoenzima, sujeitas a reações de O-desalquilação.

O ensaio para atividade de 7-ethoxycoumarin O-desetilase (ECOD) foi feita segundo protocolo utilizado por Greenlee & Poland [26]. Onde a atividade da enzima será dada pela formação de 7-hydroxycoumarina extraída em fase alcalina, acompanhada fluorimetricamente. As atividades serão expressas como a quantidade de produto formado em picomoles por miligrama por minuto.

A determinação das atividades de etoxiresorufina, metoxiresorufina, pentoxiresorufina O-desetilase (EROD, MROD e PROD, respectivamente) em concentração de 1 mM, nas frações microssomal e mitocondrial serão realizadas segundo protocolo descrito por Burke et al. [27]. A determinação das velocidades de reação de desalquilação dos diferentes substratos serão realizadas através do registro fluorimétrico do acúmulo da resorufina, produto final da reação. A velocidade de reação será medida diretamente pela fluorescência crescente da mistura de reação, excitação 550 nm e emissão 582 nm; abertura da fenda, 5 nm; sensibilidade baixa, e expressa como picomoles de resorufina produzida / mg de proteína na fração microssomal / minuto de reação.

2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O tratamento estatístico dos resultados obtidos foi realizado utilizando o teste t de Student para comparação de médias, tendo como parâmetro o valor de p 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DA ENZIMA GST SOB INFLUENCIA DO EXTRATO ETÉREO DE AÇAÍ E DE PITANGA

Glutathione S-transferase é uma família de enzimas que participam do processo de metabolização de xenobióticos tornando-os menos tóxicos e facilitando sua eliminação. Juntamente com o tripeptídeo glutathione (GSH), as GSTs desempenham um papel importante no sistema de defesa das células contra os compostos eletrofílicos [28]. Muitos estudos têm sido voltados para a avaliação dos efeitos que componentes de frutas, como flavonoides, e outras substâncias possivelmente bioativas tem sobre a atividade da GST, seja ativando ou inibindo-a [12]. Dependendo do alvo de estudo, conhecer substâncias que inibam e que ativem a atividade de GST

é importante e pode mudar condições de tratamento ou de consumo das frutas que contém esses compostos, visando aumentar ou diminuir a permanência dos mesmos nas células.

Neste trabalho foram feitos testes com o extrato etéreo de açaí e de pitanga, duas frutas muito consumidas na alimentação humana e utilizadas como matéria-prima para diversos produtos, incluindo cosméticos. A Figura 1 ilustra graficamente os valores de atividade da GST citosólica hepática de ratos em ensaios contendo extrato etéreo de açaí e de pitanga.

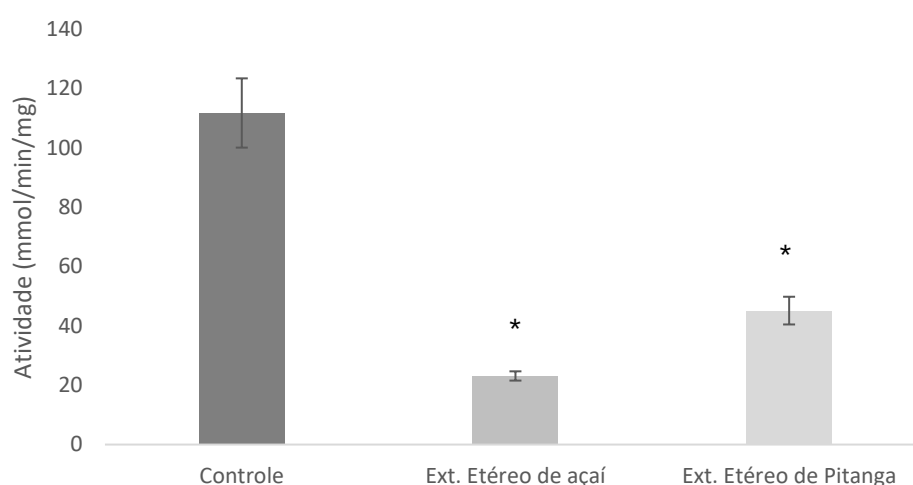


Figura 1: Atividade de GST citosólica hepática de rato com adição dos extratos etéreo de pitanga e açaí, comparados ao controle (atividade de GST sem adição dos extratos). *Segundo o teste t de Student todos os valores diferem significativamente do controle ($p < 0,05$).

Diante dos resultados obtidos com os testes foi possível perceber que, nas condições da reação (CDNB 100 mM e extrato 5 μ L), houve redução da atividade da GST utilizando tanto o extrato etéreo de açaí quanto de pitanga, quando comparada ao controle. Isto indica que esses extratos possuem compostos capazes de modular a atividade da enzima avaliada.

Os metabólitos bioativos que predominam no açaí são antocianinas e flavonoides, dentre eles a quercetina e o dihidrokaempferol [16]. Segundo Rohman et al. [29] derivados de quercetina e cumarinas presentes em bulbos de cebola interagem significativamente com GST intracelular. Além disso, a quercetina promove uma

inibição tempo-dependente da atividade da GST [28]. No estudo conduzido por Sahu et al. [29] a atividade de GST hepática de ratos foi inibida quando incubada com kaempferol, substância encontrada na pitanga. Esses dados indicam que a redução da atividade da GST cerebral de rato pode ser influenciada por esses compostos bioativos presentes nos extratos testados.

3.2. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE DE ENZIMAS DA FAMÍLIA CITOCROMO P450 SOB INFLUENCIA DO EXTRATO ETÉREO DE AÇAÍ E DE PITANGA

Microsossomos hepáticos podem conter diferentes enzimas CYP, de diferentes famílias e subfamílias que apresentam, geralmente, semelhança de mais de 40% em suas sequencias de aminoácidos. Essas enzimas catalisam a O-desalquilação de seus substratos, tendo como produto comum a resorufina, composto fluorescente. Substratos específicos podem ser utilizados nos ensaios para identificar diferentes famílias de CYP. Etoxiresorufina e metoxiresorufina são metabolizadas preferencialmente por isoenzimas da subfamília 1A, enquanto que isoenzimas da subfamília 2B catalisam a O-desalquilação do composto pentoxiresorufina [32].

Foram realizados ensaios com a intenção de avaliar como o extrato etéreo de açaí e de pitanga influenciam essas enzimas. A Figura 2 ilustra o resultado de atividade de pentoxiresorufina O-desetilase (PROD) obtido com a utilização dos extratos etéreos de açaí e pitanga comparado ao resultado de atividade obtido sem adição dos extratos.

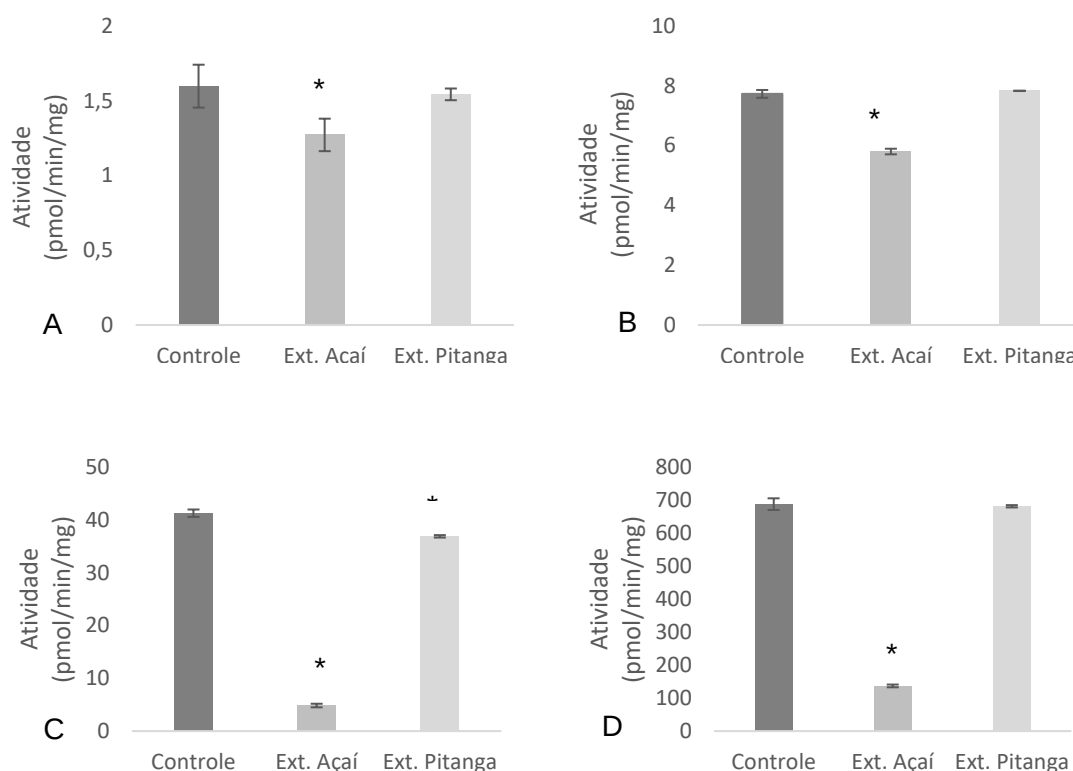


Figura 2: Efeito do tratamento *in vitro* de extrato etéreo de açaí e pitanga sobre a atividade de enzimas citocromo P450 hepáticas de rato. A: pentoxiresorufina O-desetilase (PROD), B: metoxiresorufina O-desetilase (MROD), C: etoxiresorufina O-desetilase (EROD) e D: etoxicumarina O-desetilase (ECOD). Os resultados foram comparados ao controle (sem adição dos extratos). *Segundo o teste t de Student o valor difere significativamente do controle ($p < 0,05$).

De acordo com os resultados, o extrato etéreo de açaí inibiu em, aproximadamente, 20% a atividade da PROD. Já com o extrato etéreo de pitanga, a inibição foi de apenas 3%, não considerada significativamente diferente do controle. Esses resultados indicam que a enzima PROD é modulada por compostos bioativos presentes no extrato etéreo de açaí e não por aqueles presentes no extrato de pitanga.

Apesar de aparentar ter maior atividade que a enzima anterior, a MROD mostra ser influenciada de forma bem semelhante que aquela. De acordo com os resultados, o extrato etéreo de açaí apresentou maior capacidade modulatória que o de pitanga, com uma inibição de, aproximadamente, 25%.

Comparativamente às atividades das famílias de CYP mencionadas anteriormente, a EROD citosólica hepática mostra maior atividade e, quando submetida à presença dos extratos etéreos de açaí e pitanga, maior inibição. A

inibição produzida pelo extrato de açaí foi mais expressiva (88%) do que aquela observada com o extrato de pitanga (cerca de 11%).

De todas as famílias de CYP testadas neste trabalho, a ECOD foi a que apresentou atividade de 10 vezes até 500 vezes maior que as demais enzimas. Porém, semelhantemente, foi modulada de forma expressiva e inibitória apenas pelos compostos bioativos presentes no extrato etéreo de açaí (80% de inibição).

De forma geral, o extrato etéreo de pitanga mostrou pouca influência sobre as atividades de todas as famílias de CYP testadas. Já o extrato etéreo de açaí mostrou maior influência, reduzindo a atividade das enzimas nos ensaios realizados. A diferença na composição dos extratos utilizados pode ter originado os resultados de modulação encontrados, indicado diferentes interações entre as enzimas testadas e os compostos bioativos presentes nesses extratos.

Estudos *in vitro* indicam a possibilidade de inibição do CYP por flavonoides amplamente distribuídos em plantas comestíveis, frutas e vegetais que podem ser consumidos diariamente em grandes quantidades. Quando administrados oralmente, flavonoides naturais como a flavona, tangeritina e nobilitina podem modular a atividade de alguns CYP em humanos e ratos [9]. Constituintes do sumo de *grapefruit* são conhecidos por interagir com o sistema de CYP de mamíferos tais como as isoenzimas CYP 3 A4 intestinal e CYP2 A6 hepática, reduzindo a biotransformação de drogas e aumentam sua disponibilidade [10].

Comparativamente, o extrato de pitanga se mostrou com capacidade modulatória inferior ao extrato de açaí, tanto para enzimas de biotransformação de fase I quanto de fase II. Desta forma, apenas o extrato de açaí apresentou resultado possivelmente mais adequado à modulação do processo de biotransformação, de forma a diminuir a ativação de compostos xenobióticos.

4. CONCLUSÕES

De forma geral, o extrato etéreo de açaí se mostrou mais promissor que o de pitanga, visando alterar as fases de biotransformação de compostos xenobióticos. Porém, levando em consideração a intenção de diminuir a concentração celular destes compostos, o extrato de açaí apresentou ação mais expressiva sobre a atividade de enzimas da família CYP (fase I) do que sobre a enzima GST (fase II).

A ação inibitória do extrato de açaí sobre a enzima GST não indica a possibilidade de utilização dos compostos presentes neste extrato para aumentar a

velocidade do processo de excreção de xenobióticos. Porém, a ação também inibitória deste extrato sobre a enzima P450 indica que o mesmo tem potencial para ser utilizado na redução da ativação de compostos possivelmente tóxicos, durante o processo de biotransformação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GANDOLFI, A. J. & SIPES, I. G. Biotransformation of toxicants. In: Casarett and Doull's. **Toxicology: The Basic Science of Poisons** (C. D., KLAASSEN, org), pp. 88 – 126, 4th edition, New York, McGraw-Hill, Inc, 1991.
- [2] HUBER, L. S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em Alimentos. **Alim. Nutr.**, v.19, n. 1, p. 97-108, 2008.
- [3] FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, L.S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Rev Ass Med Brasil**, v. 43, p. 61-68, 1997.
- [4] MIKSYS, S. L.; TYNDALE, R. F. Drug-metabolizing cytochrome P450s in the brain. **Rev Psychiatr Neurosci**; 27(6), 2002.
- [5] RIEDL, A. G.; WATTS, P. M.; JENNER, P. AND MARSDEN, C. D. P450 Enzymes and Parkinson's Disease: The Story So Far. **Movement Disorders**, Vol. 13, No. 2, 1998.
- [6] EDENHARDER, R.; SAGER, J.W.; GLATT, H.; MUCKEL, E.; PLATT, K.L. Protection by beverages, fruits, vegetables, herbs, and flavonoids against genotoxicity of 2-acetylaminofluorene and 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-*b*]pyridine (PhIP) in metabolically competent V79 cells. **Mutation Research** 521 (2002) 57–72.
- [7] STEINMETZ, K. A. AND POTTER, J. D. Vegetables, fruit, and cancer. I. Epidemiology. **Cancer Causes and Control**, 2, 325 – 357, 1991.
- [8] CALADO, J.C.P.; PAULA, A.A.; OLIVEIRA, E.A.; LETRA, M.H.S.; SAWAYA, A.C.H.F.; MARCUCCI, M.C. Flavonoid Contents and Antioxidant Activity in Fruit, Vegetables and Other Types of Food. **Agricultural Sciences**, v. 6, p. 426-435, 2015.
- [9] RASHID, J.; McKINSTRY, C.; RENWICK, A. G.; DIRNHUBER, M.; WALLER, D. G.; GEORGE, C. F. Quercetin, an in vitro inhibitor of CYP3A, does not contribute to the interaction between nifedipine and grapefruit juice. **Br J clin Pharmac**; 36: 460-463, 1993.
- [10] RUNKEL, M.; BOURIAN, M.; TEGTMEIER, M.; LEGRUM, W. The character of inhibition of the metabolism of 1,2-benzopyrone (coumarin) by grapefruit juice in human. **Eur J Clin Pharmacol** 53: 265±269, 1997.

- [11] LOWN, K. S.; BAILEY, D. G.; FONTANA, R. J.; JANARDAN, S. K.; ADAIR, C. H.; FORTLAGE, L. A.; BROWN, M. B.; GUO, W. AND WATKINS P. B. Grapefruit Juice Increases Felodipine Oral Availability in Humans by Decreasing Intestinal CYP3A Protein Expression. **The American Society for Clinical Investigation**, Inc. Volume 99, Number 10, 2545–2553, 1997.
- [12] TORRES, M. C. L.; SOARES, N. F. F.; MAIA, J. F. Parâmetros cinéticos da glutathione s-transferase e sua ativação por extratos de vegetais. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 24(2): 243-248, abr.-jun, 2004.
- [13] GALIJATOVIC, A.; OTAKE, Y.; WALLE, U. K.; WALLE, T. **Pharmaceutical Research**, Vol. 18, No. 3, 2001.
- [14] CLAPPER, M. L.; SZARKA, C. E.; PFEIFFER, G. R. ; GRAHAM, T. A.; BALSHEM, A. M.; LITWIN, S.; GOOSENBERG, E. B.; FRUCHT, H.; ENGSTROM, P. F. Preclinical and Clinical Evaluation of Broccoli Supplements as Inducers of Glutathione S-Transferase Activity. **Clinical Cancer Research**. Vol. 3, 25-30, January 1997.
- [15] VICTORIA, F.N.; LENARDÃO, E.J.; SAVEGNAGO, L.; PERIN, G.; JACOB, R.G.; ALVES, D.; SILVA, W.P.; MOTTA, A.S.; NASCENTE, P.S. Essential oil of the leaves of *Eugenia uniflora* L.: Antioxidant and antimicrobial properties. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, p. 2668–2674, 2012.
- [16] HEINRICH, M.; DHANJI, T.; CASSELMAN, I. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) – A phytochemical and pharmacological assessment of the species' health claims. **Phytochemistry Letters** 4, 10- 21, 2011.
- [17] YUYAMA, L.K.O.; AGUIAR, J.P.L.; SILVA FILHO, D.F.; YUYAMA, K.; VAREJÃO, M.J.; FÁVARO, D.I.T.; VASCONCELLOS, M.B.A.; PIMENTEL, S.A.; CARUSO, M.S.F. Caracterização físico-química do suco de açaí de *Euterpe precatoria* Mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos. **Acta Amazônica**, v. 41(4), p. 545 – 552, 2011.
- [18] BAILEY, D. G. ; ARNOLD, J. M. O.; MUNOZ, C. AND SPENCE, J. D. Grapefruit juice – felodipine interaction: Mechanism, predictability, and effect of naringin. **Clinical Pharmacology & Therapeutics**. Junho, 1993.
- [19] MERKEL, U.; SIGUSCH, H.; HOFFMANN, A. Grapefruit juice inhibits 7-hydroxylation of coumarin in healthy volunteers. **Eur J Clin Pharmacol** 46:175-177, 1994.
- [20] HO, P. C.; SAVILLE, D J.; COVILLE, P. F.; WANWIMOLRUK, S. Content of CYP3A4 inhibitors, naringin, naringenin and bergapten in grapefruit and grapefruit juice products. **Pharmaceutica Acta Helvetiae** 74; 379–385, 2000.
- [21] GIRENNAVAR, B.; JAYAPRAKASHA, G. K.; JADEGOUD, Y.; OWDAB, G. A. N. AND PATILA, B. S. Radical scavenging and cytochrome P450 3A4 inhibitory activity of bergapten and geranylcoumarin from grapefruit. **Bioorganic & Medicinal Chemistry** 15; 3684–3691, 2007.

- [22] FERRARI, B. C. K.; TORRES, E. A. F. S. Novos compostos dietéticos com propriedades anticarcinogênicas. **Revista Brasileira De Cancerologia**, 48(3): 375-382, 2002.
- [23] PETERSON, G. L. A simplification of the protein assay method of Lowry et al. which is more generally applicable. **Analytical Biochemistry**, v. 83, n. 2, p. 346-356, 1977.
- [24] BROINIZI, P. R. B.; ANDRADE-WARTHA, E. R. S.; SILVA, A. M. O.; NOVOA, A. J. V.; TORRES, R. P.; AZEREDO, H. M. C.; ALVES, R. E.; MANCINI-FILHO, J. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 27(4), p. 902-908, 2007.
- [25] HABIG, W. H.; PABST, M. J.; JAKOBY, W. B. Glutathione S-Transferases. The first enzymatic in mercapturic acid formation. **The J. of Biol. Chemistry**, v.249, n.22, p.7130-7139, 1974.
- [26] GEENLEE, F. W. & POLAND, A. An improved assay of 7-ethoxycoumarin O-deethylase activity: induction of hepatic enzyme activity in C57BL/6J and DBA/2J mice by phenobarbital, 3-methyl-cholanthrene and 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin. **The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics**. Vol. 205, 1978.
- [27] BURKE, M. D.; THOMPSON, S.; ELCOMBE, C. R.; HALPERT, J.; HAAPARANTA, T.; MAYER, R. T. Ethoxy-, pentoxy- and benzyloxyphenoxazones and homologues: a series of substrates to distinguish between different induced cytochromes P-450. **Biochemical Pharmacology**. Volume 34, Issue 18, 3337-3345. 1985.
- [28] van ZANDEN, J. J.; HAMMAN, O. B.; van IERSEL, M. L.P.S.; BOEREN, S.; CNUBBEN, N. H.P.; Lo BELLO, M.; VERVOORT, J.; van BLADEREN, P. J.; RIETJENS, I. M.C.M. Inhibition of human glutathione S-transferase P1-1 by the flavonoid quercetin. **Chemico-Biological Interactions** 145, 139_ 148, 2003.
- [29] ROHMAN, M. M.; HOSSAIN, M. D. and FUJITA, M. Inhibitory interactions of glutathione derivatives, coumarins and quercetins with dominant onion bulb glutathione S-transferases: a structural analysis. **Nature and Science**. 2010.
- [30] SAHU, S.C.; GRAY, G. C. Pro-oxidant activity of flavonoids: effects on glutathione and glutathione S-transferase in isolate rat liver nuclei. **Cancer Letters**. 104, 193 – 196, 1996.
- [31] WERCK-REICHHART, D.; FEYEREISEN, R. Cytochromes P450: a success story. **Genome Biology**, 2000.
- [32] PARKINSON, A. Biotransformation of xenobiotics. In **Casarett & Doull's toxicology**, ed. C. Klaassen, 133-224. New York, 2001.

SISTEMA MONTESSORI E OS SEUS TRAÇOS ARQUITETÔNICOS

MONTESSORI SYSTEM AND ITS ARCHITECTURAL DETAILS

Hugo Macedo Bernardini Barbosa^{1*}; Maycon Del Piero Da Silva².

1. Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Centro Universitário Luterano de Ji-Paraná -CEULJI/ULBRA.

2. Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Centro Universitário Luterano de Ji-Paraná -CEULJI/ULBRA, professor da Faculdade UNEOURO.

* hugo.opo@hotmail.com

Recebido: 05/06/2018; aceito 29/10/2018

RESUMO

Neste artigo propõe-se observar e analisar como que a arquitetura pode contribuir acerca do sistema Montessori. O devido sistema, desenvolvido no século XX, tendo como base a autoeducação, através da busca e experimentações, ou seja, uma educação ativa, depende do ambiente preparado e organizado, bem como uma escola que possibilite formação de adultos que possam escolher com clareza o que seja melhor para eles. A arquitetura está diretamente relacionada com o método, de acordo com a organização dos espaços, layouts das salas, acessibilidade em toda a escola conforme as faixas etárias e na produção e organização do mobiliário devido. Através da busca qualitativa do tipo bibliográfica e o método dedutivo, foi possível elencar aspectos teóricos do sistema Montessori, o emprego da arquitetura e as referências arquitetônicas. Conclui-se que o arquiteto ou outro profissional qualificado, de acordo com o sistema Montessori cria ambientes ou objetos que proporcionam uma escola capaz de fazer com que cada aluno possa ser auto desenvolvedor das suas atividades, possibilitando que ele alcance qualquer material necessário para execução de suas tarefas e ainda possa estar em um ambiente conforme sua faixa etária, pois a infância é o momento em que o desenvolvimento físico acontece e uma má postura pode acarretar em problemas de saúde futuros.

Palavras-chave: Educação. Arquitetura Educacional. Ambiente Montessori.

ABSTRACT

In this article we propose to observe and analyze how architecture can contribute to the Montessori system. Due system, developed in the twentieth century, based on self-education, through search and experimentation, that is, an active education, depends on the prepared and organized environment, as well as a school that enables adult education that can clearly choose the that is best for them. The architecture is directly related to the method, according to the organization of the spaces, room layouts, accessibility throughout the school according to the age groups and in the production and organization of the furniture due. Through the qualitative search of the bibliographic type and the deductive method, it was possible to list theoretical aspects of the Montessori system, the use of the architecture and the architectural references. It is concluded that the architect or other qualified professional, according to the Montessori system creates environments or objects that provide a school capable of enabling each student to be a self-developer of their activities, enabling them to access any material necessary for the execution of their tasks and may still be in an environment according to their age group, because childhood is the time when physical development happens and poor posture can lead to future health problems.

Keywords: Education. Educational Architecture. Surroundings Montessori.

1. INTRODUÇÃO

A escola é um ambiente de experiências, trocas de informações e local de transformação. É necessário que esse ambiente, voltado para as crianças, tenha uma disposição capaz de encantar e fazer despertar o interesse do retorno e, proporcionar assim a melhora no aprendizado. O sistema Montessori possibilita essa interação, proporcionando através de tentativas experimentais o que se denomina autoeducação ou educação ativa, a qual o aluno busca o seu conhecimento, através de materiais educativos, uma explicação do professor e da educação para a vida [1].

A arquitetura é capaz de elaborar ambientes adequados, acessíveis e conforme o público a ser atendido e mobiliários pensados de acordo com a ergonomia, ciência responsável pela a relação entre o homem e a máquina, analisando as interações humanas e as manifestações do seu envolvimento existente, e antropometria, sendo responsável pela mensuração do corpo humano ou suas partes, trazendo as particularidades físicas dos indivíduos, observando ainda o conforto térmico, acústico e lumínico [2].

A questão a ser respondida é: será que o arquiteto através dos seus devidos conhecimentos é capaz de propor ambientes e objetos que influencie no seu aprendizado? Para responder essa per-

gunta, este artigo vem observar e analisar como que a arquitetura pode contribuir na elaboração dos ambientes que tragam conforto aos alunos e possibilidades de tentativas e autoeducação para o desenvolvimento e execução do sistema Montessori.

Neste estudo será abordado pontos históricos da metodologia, a sua criadora Maria Montessori, aspectos do método e a arquitetura relacionada ao mesmo.

2. HISTÓRICO

Para análise de um sistema específico deve-se observar um pouco de sua história e analisar outras metodologias que podem ajudar na diferenciação das diversas linhas dos pensadores da educação. Para Silva [3], a arquitetura educacional que observa conceitos, dimensões e as devidas necessidades de quem utiliza o espaço é fundamental para elaboração dos projetos e *layouts* das escolas ou ambientes Montessori ou até mesmo de outros teóricos.

Os tipos de escolas são divididos em Educação superior, educação profissional e tecnologia, educação de jovens e adultos, Ensino médio, Ensino profissional técnica de nível médio e educação especial, podendo ainda seguir diversas metodologias existentes que podem ser: Metodologia tradicional focada na formação intelectual que se baseia na discipli-

na e memorização; Metodologia Freiriana que trabalha através da motivação na busca do conhecimento, autoestima e dignidade; Metodologia Piagetiana ou construtivista que visa estimular o aluno na procura da solução de problemas propostos, observando a individualidade de cada um; Metodologia Waldorf foca os pontos sociais, cognitivos e artísticos na busca individual que cada aluno tem de melhor; Montessori que busca educar através da experimentação, autoeducação criando em cada a responsabilidade necessária para a vida, dentre outros [3].

A metodologia Montessori foi desenvolvida por Maria Montessori que nasceu em 31 de agosto de 1870 em Chiaravalli, Itália, que seguiu carreira médica especializando-se em psiquiatria, iniciou trabalhos com crianças deficientes. O desenvolvimento da metodologia marcou a pedagogia, e os métodos empregados no ensino tem como base a autoeducação e educação ativa. [4].

Segundo Silvestrin [5], Maria Montessori tinha facilidades na área da matemática e de primeiro momento tinha o desejo de formar-se em engenharia, entretanto era do interesse de seu pai, Alessandro Montessori, que ela fosse professora, porém, repentinamente, Maria decidiu que faria medicina. Enfrentou o preconceito, pois a época o curso era basicamente formado por acadêmicos homens.

Dentro do aspecto arquitetônico pode-se observar e analisar as edificações da educação escolar anteriormente. Para atender um padrão de educação tradicional e até mesmo em nome da economia, as escolas eram construídas com corredores estreitos aos quais forçavam os alunos a andarem em filas, as janelas extremamente pequenas, impedindo o contato com o externo. As salas não permitiam arranjos espaciais diversos que pudessem possibilitar *layouts* favoráveis à interação e a educação ativa [6].

Segundo Horn [7], as crianças só conseguem obter relação entre as pessoas e o mundo através do espaço físico em que possam inserir emoções, sendo a escola ambiente fundamental. Para Silva [3], segundo a aplicação do Método Montessori, na escola o aluno deve expor atividades relacionadas a cultura, contato com plantas, desenvolver o foco, percepção dos formatos, peso, cor, texturas, sons, cheiros, conteúdos matemáticos e geométricos, aprender a organização de objetos dedicando ao processo de atividades da “vida prática” e a obter responsabilidade com seu próprio material, bem como as atitudes e ações realizadas por eles mesmos.

Maria Montessori utilizou-se para compreensão das crianças a psicologia, que permitiu análise das necessidades, a percepção, o desenvolvimento motor,

cognitivo e psíquico. Dentro da metodologia observa-se o trato com o ambiente e a configuração distinta do que se apresentava na época. Haviam mobiliários de acordo com a estatura das crianças e os materiais eram voltados às atividades relacionadas e à faixa etária [5].

Maria Montessori abriu em 1907, San Lorenzo, Roma, a primeira escola Montessori chamada de “Casa dei Bambini”, ao qual trabalhava o devido método e serviu para o aprimoramento dele. No Brasil o primeiro contato aconteceu em 1910 com a introdução na escola “Emília Erichsen” por Joana Falce Scalco [8].

3. O MÉTODO

O método de Montessori desenvolvido em 1907, emprega a organização dos espaços, o *layout* dos ambientes, propondo harmonia e interação, visto que a arquitetura escolar é responsável por concretizar as crenças, valores, sentidos e outros [6].

Desenvolvido para colocar em prática a filosofia Montessori, o método denominado pela autoconstrução, combinado da força interior, influência do meio e dos períodos de desenvolvimento, que este era composto por três períodos:

- 1º período – do nascimento aos 6 anos: Período sensorial que visa a construção através do ambiente existente ao qual deve explorar e absorver o devido conhecimento;

- 2º período – dos 6 aos 12 anos: Período da abstração, onde a preocupação está voltada com o “como” e o “porque” das coisas;
- 3º período – dos 12 aos 18 anos: identificação do que deve fazer, onde observa as causas e os efeitos referentes a ação, vista de um ponto de vista diferente [8].

Segundo Oliveira e Bortoloti [4], o método objetiva através da utilização dos materiais didáticos, despertar o interesse e obtenção da concentração nas atividades realizadas naturalmente, bem como a espontaneidade da criança, visto que elas podem se utilizar da circulação no ambiente proporcionando assim, a auto-educação através da manipulação dos devidos materiais disponíveis e de fácil acesso na sala.

É possível analisar que na execução do método Montessori, as crianças submetidas conseguem obter resultados de conhecimento através das tentativas e experiências que elas mesmas proporcionaram, mediante a sua curiosidade, e não somente conhecimentos científicos, e sim da sua personalidade e da sua emoção, visto que todos esses conhecimentos são de exigências na fase adulta [4].

Com a utilização dos materiais que devem ser apresentados de forma gradativa, com explicações claras, para que posteriormente as crianças consigam

sozinhas executarem as tarefas corretamente, com o tempo necessário e quantas vezes elas precisarem, observando que os erros serão eventuais, devido à falta de experiência, mas que serão corrigidos por elas mesmas, exceto quando se tratar de utilização incorreta [4].

Segundo Oliveira e Bortoloti [4]:

É interessante aqui observar que os materiais manipuláveis são um dos elementos principais na perspectiva do Método Montessori, e nos apoiamos nesta concepção partindo do pressuposto de que todos nós já utilizamos, em algum momento, objetos para realizar alguma operação. Quem de nós nunca usou os dedos das mãos para contar, ou grãos de feijão, pedrinhas ou palitos de fósforo (materiais manipuláveis)? Provavelmente tivemos a necessidade de “visualizar” o que estávamos operando, isso tinha significado para nós.

A criança consegue compreender através do passo a passo das tarefas executadas e das curiosidades sanadas, adquirindo uma bagagem cultural e retratando sobre realidades que virão a ser necessárias. A utilização da manipulação dos objetos torna a aula menos “maçante”, trazendo interação e foco para o conhecimento adquirido [4].

Atualmente, com a autonomia das escolas e o aparecimento das novas ideias pedagógicas, a escola Montessori tem alterado ou até mesmo complementado partes da metodologia, objetivando o aperfeiçoamento e melhor alcance dos resultados. Visando que a elaboração do método não é tão recente, seus aspectos

de fundamentos se mostram muito atuais a respeito da educação ativa [5].

Para Oliveira e Bortoloti [4], o professor Montessori tem o papel de ser o orientador dos alunos indagando e deixando indagar-se, pois deve estudar e observar as reações e os estímulos de cada um, trabalhando cada qual com o seu tempo a sua necessidade, deve ainda desenvolver as habilidades para o trabalho lúdico e criativo e deve acreditar no processo ensino-aprendizagem da participação ativa do aluno.

Como bem afirma Silva [3], o ambiente é o ponto principal da metodologia Montessori. Oliveira e Bortoloti [4], enfatizam ainda, que o ambiente escolar com toda a sua infraestrutura deve ser acessível para as crianças. As mobílias na sua altura proporcionam qualidade ao sentar, escrever, brincar, as pias de banheiros e acesso as áreas molhadas para higiene que as condicionam ao processo de autoaprendizagem com os zelos necessários, os interruptores para acionar o sistema de iluminação e ventilação, as maçanetas das portas para abertura delas e até mesmo a organização e limpeza dos ambientes da escola para que eles possam entender a necessidade de manter limpo o espaço e respeitando-o.

3.1. ARQUITETURA

Para Oliveira [9], pode-se afirmar que a arquitetura e o design para elaboração de ambientes e mobiliários, são de extrema importância para a eficiência e a produtividade, bem como o conforto para aqueles que a utilizam. Visto que durante a infância, fase inicial da vida ao qual existe absorção de informação onde acontece o desenvolvimento físico e mental, é necessário ter cuidados relacionados aos ambientes, observando a antropometria e a ergonomia que é responsável por proporcionar o bem-estar do usuário e aumentar a produtividade. A ergonomia atualmente tem aplicabilidade em todas as áreas da vida, sendo elas nas atividades relacionadas ao trabalho, áreas domésticas, e nos ambientes sociais e comuns, eis que se materializam as escolas.

É na escola que as crianças passam uma grande parte do dia, e assim estão em contato com outras crianças, realizam a troca de experiências, aprendem brincando e, eis que surge a importância do ensino. É necessário que as crianças se sintam à vontade no ambiente em que estudam, estando este meio limpo, organizado e acessível para que elas possam alcançar e manipular os objetos existentes, visto que o meio pode influenciar as emoções e sentimentos de como elas estão se portando. O mobiliá-

rio, item integrado ao ambiente com padrões de dimensões e adequados a faixa etária, tem potencial de resultar em um melhor aproveitamento escolar e físico, visto que é o momento que elas estão em desenvolvimento físico e uma má postura [2].

Surrador [2], ressalta que dentro da sala de aula, o mobiliário principal relacionado as atividades dos alunos é a cadeira e a mesa. Oliveira e Bortoloti [4], ainda reforçam para que não se esqueça dos armários que devem possuir dimensões de acordo com a faixa etária dos alunos, possibilitando acesso rápido e fácil, interruptores ao alcance das crianças e uso de cores para melhor assimilação, tudo de forma que possam interagir com o meio.

Os materiais e as tecnologias devem ter uma relação constante na elaboração do espaço construído e dos móveis empregados, pois eles têm um papel crucial na construção do mesmo e no desenvolver dos produtos. A respeito dos materiais utilizados na elaboração da construção do mobiliário ou até mesmo a adoção de um devido produto para o ambiente deve-se observar os materiais disponíveis que são eles divididos por classe: metais e ligas, polímeros, cerâmicas e compósitos. Devem ser analisados, para que sejam empregados da melhor forma possível [2].

A preocupação com os ambientes escolares hoje, não deve ser somente daqueles que buscam um sistema Montessori, mas de todos para adaptação e propor melhor qualidade para as crianças que estudam. Segundo Surrador [2]:

Hoje em dia existem escolas que têm preocupações na escolha do mobiliário, procurando alternativas à questão da antropometria. Por exemplo, mesas e cadeiras com tamanhos diferentes consoante a idade. Contudo, grande parte delas não tem disponível mobiliário adequado, com as soluções apropriadas aos alunos. A Antropometria estuda as características físicas do ser humano, nomeadamente o estudo de proporções, como a altura, distâncias, peso, comprimentos, e também os alcances de movimentos. Relacionando estas dimensões com a sua habilitação e desempenho para ocupar um espaço onde se realizam várias atividades, incluindo equipamentos e mobiliário no desenvolvimento destas.

Para elaboração de projetos arquitetônicos voltado a educação, o arquiteto deve conhecer da tipologia arquitetônica para auxiliar nos projetos e buscar entender dentro da família da arquitetura educacional qual o perfil de escola que está sendo proposto [3].

Analisar referências arquitetônicas é extremamente importante. É possível ainda citar diversas escolas Montessori em todos os continentes do mundo. Segundo Silva [3], pode-se falar a respeito da escola Fayetteville Montessori Elementary School (Figura 01) que está localizada em Fayetteville, Estados Unidos, contém uma arquitetura despojada em

cima de um terreno triangular e formato da edificação em “V”, contém salas multi-uso, cozinha, sala de reunião, recepção/administrativo, banheiros, dentre outros, todos desenvolvidos para o método.



Figura 01: Sala da escola Fayetteville Montessori Elementary School.

Fonte: [10].

No Brasil cita-se o Colégio Erich Walter Heine (Figura 02), localizado em Santa Cruz no Rio de Janeiro, tem perfil sustentável focado na diminuição da temperatura através da captura dos ventos fazendo com que os ambientes sejam renovados pelo ar constantemente, coleta da água da chuva, telhado verde e outros. A escola é composta por salas de aulas, cozinha, refeitórios, pátio, setor administrativo, auditórios e demais ambientes, onde todos são acessíveis e confortáveis [3].



Figura 02: Implantação geral do Colégio Erich Walter Heine
Fonte: [11].

4. CONCLUSÃO

O objetivo desta pesquisa foi observar e analisar como que a arquitetura pode contribuir acerca do sistema Montessori. Observou-se os aspectos teóricos do sistema Montessori, o emprego da arquitetura e as referências arquitetônicas. Analisando a filosofia e a metodologia que está embasada no aspecto teórico, constata-se que a arquitetura tem grande potencial para contribuir no emprego do sistema Montessori, a partir da disposição do

programa de necessidades de escolas voltadas para essa metodologia, baseia-se em uma escola parecida com as existentes atualmente, porém com aspectos voltados a um *layout* específico, com salas que tem por objetivo instruir os alunos para que os mesmos possam se auto educar com mobiliários que proporcionem o aprendizado e a experimentação e ainda ser acessíveis aos alunos, onde eles alcancem e utilizem os materiais disponíveis no ambiente, pontos de iluminação acessíveis às crianças, mobiliários que não prejudiquem a saúde e o aprendizado dos alunos e professores com perfis voltados a Metodologia Montessori. Para futuras pesquisas sugere-se a aplicação do método por um determinado tempo em um grupo de alunos e outro grupo com outro método para analisar o desempenho e os resultados obtidos.

5. REFERÊNCIAS

1. OLIVEIRA, D. L. D. **Construção de instrumento de avaliação da aprendizagem em escola montessoriana**. Dissertação (Dissertação em Avaliação) – Fundação Cesgranrio. Rio de Janeiro, p. 52. 2010.
2. SURRADOR, S. R. B. **Mobiliário escolar infantil: Recomendações para o seu design**. Dissertação (Mestrado em Design Industrial) -. Porto/PT, p. 134. 2010.
3. SILVA, I. C. D. **Arquitetura educacional: Escola bilíngue montessoriana em Ji-Paraná/RO**. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - CEULJI/ULBRA. Ji-Paraná. 2017.
4. OLIVEIRA, K. V. G. D.; BORTOLOTTI, R. D. Método montessoriano: contribuições para o ensino-aprendizagem da matemática nas séries iniciais. **Revista Eventos Pedagógicos**, Sinop, 3, ago - dez 2012.

410-426.

5. SILVESTREIN, P. **Método Montessori e inclusão escolar: articulações possíveis**. Monografia (Especialização em Educação Especial e Processos Inclusivos) – UFRGS. Porto Alegre, p. 44. 2012.
6. FALCO, F. D.; KOK, M. D. G. P. **A importância do espaço na educação infantil**. [S.l.]: [s.n.], [2018]. Disponível em: <http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/8417.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2018.
7. HORN, M. D. G. D. S. **Sabores, cores, sons, aromas: a construção do espaço na educação infantil**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
8. SISTEMA Montessori. **Organização Montessori do Brasil - OMB**. Disponível em: <<http://omb.org.br/educacao-montessori>>. Acesso em: 03 abr. 2018.
9. OLIVEIRA, R. C. D. Design e ergonomia no mobiliário infantil. **13º Congresso Nacional de Iniciação Científica**, Campinas, 2013.
10. ESCOLA Montessori / Marlon Blackwell Architects. **Archdaily**, 11 abr. 2016. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/790225/escola-montessori-marlon-blackwell-architects>>. Acesso em: 2018 abr. 11.
11. COLÉGIO público do Rio de Janeiro é a primeira escola sustentável certificada da América Latina. **Archdaily**, 11 abr. 2014. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/01-164540/colégio-publico-do-rio-de-janeiro-e-a-primeira-escola-sustentavel-certificada-da-america-latina>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

PRINCIPAIS PATOLOGIAS ESTRUTURAIS E ATUAIS METODOLOGIAS DE CONTROLE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

MAIN STRUCTURAL PATHOLOGIES AND CURRENT CONTROL METHODOLOGIES IN CIVIL CONSTRUCTION

Murilo Marques de Souza¹

¹ Bacharelado em Engenharia Civil - 7º Período. Faculdade Panamericana de Jipará UNIJIPA. E-mail: murilomarquesouza@hotmail.com

RESUMO: Patologias na construção civil podem ser entendidas como doenças que comprometem a estrutura em relação a sua estabilidade, estética e principalmente durabilidade. Os fenômenos patológicos geralmente apresentam manifestação externa característica, a partir da qual se pode deduzir a natureza, a origem e os mecanismos envolvidos. Algumas manifestações patológicas têm maior incidência, justamente devido a uma considerável necessidade de cuidados que frequentemente são ignorados. A patologia das estruturas pode ser considerada um novo ramo do conhecimento da engenharia estrutural e encontra-se em acelerado desenvolvimento, seja no que se refere a novas pesquisas, ou em relação a novos produtos que são frequentemente lançados no mercado, ou ainda pela capacitação de profissionais. Apesar do avanço tecnológico no campo das técnicas e dos materiais de construção, tem-se observado um expressivo número de edificações relativamente novas, apresentando patologias em sua estrutura. Neste contexto, o surgimento de manifestações patológicas nas edificações, causam grandes desconforto aos clientes. Assim, este trabalho apresentará análises às principais manifestações patológicas que puderam ser evidenciadas com o objetivo de expor análises e pontos de vista dos mais diversos autores através dos métodos construtivos e intervenções mais efetivas para que as mesmas sejam reduzidas ou cessem.

PALAVRAS-CHAVE: Patologias; Durabilidade; Estruturas.

ABSTRACT: Pathologies in civil construction can be understood as diseases that compromise the structure in relation to their stability, esthetics and mainly durability. The pathological phenomena usually present characteristic external manifestation, from which it can be deduced nature, origin, and mechanisms involved. Some pathological manifestations have a higher incidence, precisely because of a considerable need for care that is often ignored. The pathology of structures can be considered a new branch of knowledge of structural engineering and is in quick development, whether in regard to new research or in relation to new products that are often launched on the market or yet for the training of professionals. Although of technological advancement in the field of techniques and construction materials has been observed an expressive number of relatively new buildings showing pathologies in its structure. In this context, the appearance of pathological manifestations in buildings causes great discomfort to costumers. As soon, this work will present analyzes to the main pathological manifestations that could be evidenced with the objective of expose analyzes and points of view of the most diverse authors through construction methods and more effective interventions so that they are reduced or cease.

KEY WORDS: Pathologies; Durability; Structures.

INTRODUÇÃO

Os elementos da construção civil podem facilmente ser comparados as ciências médicas quando o tema abordado refere-se as patologias que as construções são acometidas, assim como o corpo humano as obras de engenharia estão sujeitas a disfunções patológicas sejam elas estruturais ou de revestimento que afetam somente a estética da edificação.

Uma edificação é composta pelo conjunto de materiais e de processos construtivos em cadeia e nesta heterogeneidade de processos apresentam os principais pontos de formação de patologias, é possível observar na classificação e avaliação da qualidade dos materiais ou ausência de mão-de-obra qualificada para o serviço de engenharia.

De origem grega o termo patologia que é definido como “estudo das doenças” foi amplamente difundido no campo da engenharia, devido a fácil compreensão dos termos e entendimento. Baseado principalmente na relação humano/edificação, os sistemas de sustentação, morfologia e proteção são bem similares para utilização em analogias práticas.

A engenharia diagnóstica é um campo de estudo da engenharia que objetiva analisar, prever, classificar e determinar medidas de controle e recuperação das edificações que apresentam manifestações patológicas. As deformações estruturais caracterizam-se como uma das áreas de maior atenção neste ramo, é de extrema importância determinar os esforços solicitantes da estrutura e determinar os pontos que estarão mais solicitados por carregamentos.

Flechas excessivas, fissuras, trincas e a deterioração propriamente dita do concreto são os principais sintomas decorrentes das patologias. O objetivo principal desta pesquisa é esclarecer as principais patologias estruturais presentes na construção civil e suas respectivas causalidades.

1. CONCEITUAÇÃO

As patologias no ambiente da construção civil podem ocorrer em uma das três principais fases de construção de uma edificação: projeto, execução e utilização [1]. Esta divisão de ocorrências é exemplificada de forma mais específica pela tabela 1 onde descreve em percentuais a possibilidade de patologias [2].

Tabela 1 – Ocorrência de patologias de acordo com as fases de construção

Fase de edificação	Ocorrência de Patologias
Projeto	18%
Materiais	6%
Execução	52%
Utilização	14%
Outros	10%

Fonte: [2]

Dentre os principais erros que podem ocasionar patologias estão à ausência de detalhamento em projetos, dimensionamento incorreto, incompatibilização de projetos, erro na interpretação de projetos, ausência de controle técnico, má execução de cimbramentos e principalmente ausência de fiscalização adequada durante o processo construtivo da edificação [3], exemplificada conforme a tabela 2:

Tabela 2 – Ocorrência de patologias de acordo com as fases de construção

Manifestação Patológica	Ocorrência (%)
Deterioração e degradação química da construção	7%
Deformações (flechas e rotações) excessivas	10%
Segregação dos materiais componentes do concreto	20%
Corrosão das armaduras de concreto armado	20%
Fissuras e trincas ativas ou passivas	21%
Manchas na superfície do concreto	22%

Fonte: [3]

As patologias podem ser classificadas e conceituadas a partir da sua manifestação sintomática externa exemplificada a partir da definição correta dos sintomas é possível determinar a origem e como a patologia pode afetar negativamente a eficiência da estrutura, reduzindo a vida útil da construção ou impossibilitando a sua utilização [2].

Conforme apresentado pela NBR 6118:2003, no item 5.1.2.3, durabilidade “consiste na capacidade da estrutura resistir às influencias ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto”. Outro ponto relativo à durabilidade previsto na NBR está no item 6.1, refere-se as estruturas de concreto que “devem ser

projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil” [4].

Por sua vez, a NBR 15575:2013, apresenta o termo “durabilidade” como o período em que o edifício e seus sistemas exercem as funções para o qual foram dimensionados, ou seja a partir do início da degradação, a estrutura deixa de cumprir sua função apresentando um resultado insatisfatório de desempenho [5].

A durabilidade é descrita como não somente uma característica dos materiais, mas um resultado da interação de um material ou componente com o meio ambiente. Também afirma que esta interação provoca alterações na capacidade de atendimento das demais necessidades dos usuários ocasionado a degradação da estrutura [3].

“Vida útil de projeto” pode ser classificada como o período de tempo em que a estrutura apresenta condições aceitáveis de aparência, funcionalidade e segurança, ou seja, todos os requisitos mínimos para o qual a estrutura foi dimensionada. Por sua vez o termo “durabilidade das construções” é definido pela capacidade de uma estrutura manter as qualidades e características estruturais em seu período de vida útil [2].

As patologias em sua grande maioria são decorrentes do desenvolvimento acelerado da tecnologia, ou seja, por diversas vezes profissionais buscam em softwares o dimensionamento mais econômico e falham neste processo, seja nas especificações de materiais ou nas dimensões dos elementos estruturais. O processo de perda de qualidade das estruturas através do envelhecimento natural ou por causas acidentais é definido como processo de deterioração estrutural [6].

O conceito de desempenho das edificações é reafirmado como sendo o seu comportamento durante a fase de utilização em um determinado período de tempo, também descreve a importância de seu estudo para a segurança e o bem estar do indivíduo ou grupo de indivíduos que utilizam a edificação. A ausência de aplicação das normas de desempenho das edificações infere a responsabilidade de sua não aplicação aos agentes do setor que ainda não criaram uma cultura de previsão e precipitação para evitar custos posteriores ocasionados por patologias, que poderiam facilmente ser prevenidas com manutenção e recuperação estrutural [7].

O termo de “patologias das estruturas” é descrito como não somente um mecanismo de identificação das anomalias, mas um processo análises dos projetos, desde a sua concepção até a utilização da edificação. Traz a problemática que a formação do engenheiro civil é baseada no dimensionamento (fase de projeto) e execução das estruturas, deixando uma parcela importantíssima da engenharia descoberta, a reabilitação estrutural [6].

Outro ponto base da engenharia diagnóstica é a atenção prioritária ao conforto de um cliente direto, sem que o bem-estar coletivo seja dado o devido enfoque. Em projetos de engenharia a durabilidade das construções devem estar em destaque, pois casos existam posteriormente patologias estruturas seus custos não são facilmente mensuráveis e podem ocasionar a demolição da estrutura parcialmente ou total [6].

O projeto e a execução de obras de engenharia baseiam-se principalmente na obtenção de resistência satisfatórias das peças estruturais que serão solicitadas pela estrutura fazendo-se necessário a observação mínima dos conceitos de serviço afim de evitar fissurações, deformações e curvaturas excessivas [7].

2. PRINCIPAIS PATOLOGIAS ESTRUTURAIS

As principais patologias estruturais são ocasionadas principalmente por recalques das fundações, dilatações térmicas excessivas, sobrecargas ou acúmulos de tensões, retração do concreto, carbonatação, deformações acima do permissível em peças estruturais, defeitos construtivos, entre outros [7].

2.1 DIAGNÓSTICO DE FISSURAS E TRINCAS

O processo de diagnóstico de trincas é considerado uma atividade minuciosa através de ensaios laboratoriais, revisão de projetos e avaliação por profissionais especializados [7]. Uma patologia pode ser identificada e diagnosticada a partir de três etapas:

- Levantamento das informações necessárias para entendimento dos fenômenos por completo;

- Entendimento dos fenômenos, buscando estabelecer as relações de causalidade e consequências que normalmente descrevem o processo patológico;
- Diagnóstico do problema, bem como elaboração de relatórios que exemplifique as ações de recuperação para solução da patologia ou estabilização do processo de deterioração da edificação [7].

Para identificação de uma trinca devem ser quantificadas a sua incidência em uma edificação, bem como o comprimento, abertura, localização na estrutura. Outras informações complementares que podem ser obtidas são as idades aproximadas da trinca, a existência de outras trincas paralelas e a similaridade de trincas em edificações vizinhas. É importante observar se a trinca já foi recuperada em algum outro momento da vida útil da construção e se existe um condicionamento quanto as estações do ano, conhecido como condicionamento sazonal [7].

O principal motivo para o surgimento de trincas está associado a movimentações em geral da estrutura. Atualmente existem equipamentos como clinômetros, defletômetros e extensômetros (fig. 1) para acompanhamentos dos recalques.



Figura 1 – Clinômetro, defletômetro e extensômetro. Fonte: [7]

Outra forma, considerada mais simples para o diagnóstico e avaliação de trincas utiliza o método de “testemunhas” (fig. 2), seja de vidro ou metal, consiste em fixar um material rígido entre a fissura com traços de referência objetivando quantificar os deslocamentos e se ainda existe continuidade nos movimentos estruturais [7].

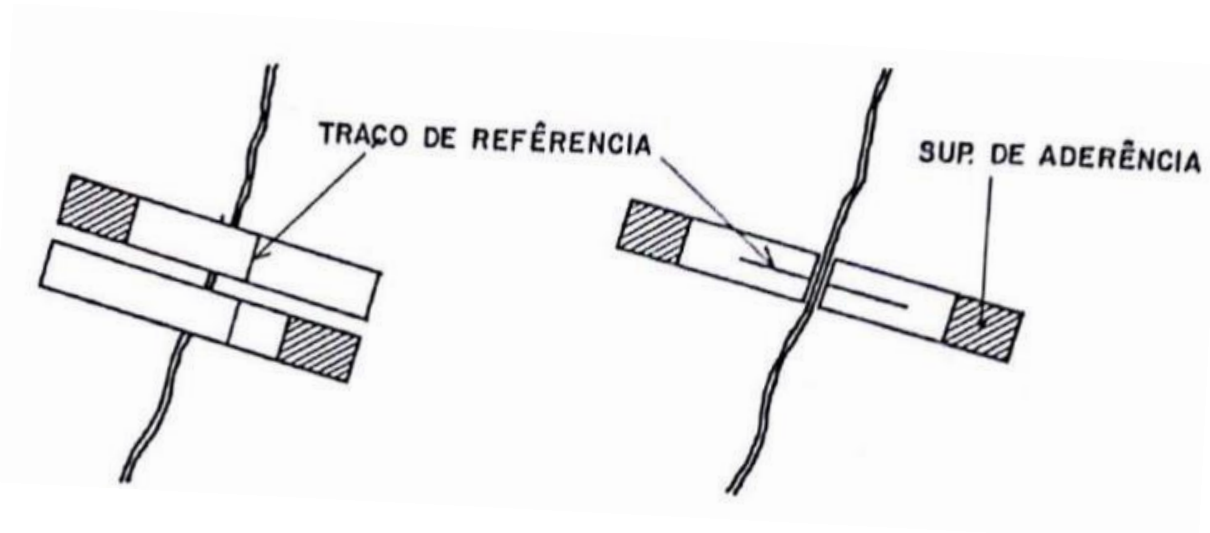


Figura 2 – Testemunhas verticais e horizontais. Fonte: [7]

Uma das formas iniciais de diagnóstico de trincas e fissuras refere-se a sua classificação sendo este um dos mecanismos que possibilitam o profissional determinar qual será o procedimento correto para a patologia identificada. A classificação das rupturas e fissuras [1] podem ser realizadas conforme a tabela 3 a seguir:

Tabela 3 – Classificação de fissuras e trincas

Tipo	Espessura (mm)
Fissura capilar	menos de 0,2 mm
Fissura	de 0,2 mm à 0,5 mm
Trinca	de 0,5mm à 1,5 mm
Rachadura	de 1,5 mm à 5 mm
Fenda	de 5 mm a 10 mm
Brecha	mais de 10 mm

FONTE: [7]

2.2 CORROSÃO DE ARMADURAS E CONCRETO

A corrosão de armaduras é um processo definido, como sendo um processo eletroquímico que acelera-se na presença de outros agentes químicos sejam eles internos ou externos ao concreto. O concreto propicia um ambiente básico para o aço e por consequência um sistema de proteção para as armaduras [8].

Com a fissuração da estrutura ou algum outro material que não deveria estar presente na massa do concreto, esta barreira de proteção é atravessada permitindo o contato de sulfatos, sulfetos e cloretos com a armadura, iniciando o processo de corrosão [8].

Os primeiros sintomas identificados em uma estrutura que apresenta corrosão de armaduras são manchas de óxidos na superfície do concreto, geralmente é acentuando em estruturas que possuem um grau elevado de umidade facilitando ainda mais o processo de propagação [3].

A partir do momento que são criados os óxidos e hidróxidos estes ocupam um volume de aproximadamente oito a dez vezes maiores que o aço provocando fortes tensões no concreto ocasionando a desagregação do cobrimento do concreto, processo conhecido como fenômeno expansivo do interior do concreto [3].

A corrosão também pode ser classificada como um processo de interação destrutiva de um material com o ambiente em que está inserido seja por ações físicas, químicas, eletroquímicas ou a combinação destes. [8] Tratando sobre a corrosão específica do aço é possível determinar dois processos principais sendo eles:

- Corrosão eletroquímica fenômeno que é caracterizado pela formação de pilhas devido a presença de umidade, água ou uma solução aquosa possível de transporte e que envolva as barras de aço;
- Oxidação direta, onde os átomos do aço reagem diretamente com o oxigênio presente na atmosfera gerando reações químicas que produzem o óxido de ferro. Este processo acentua-se quando a temperatura do ambiente é elevada devido a velocidade de agitação das moléculas [8].

O processo de corrosão ocorre com maior magnitude em obras do setor marítimo, reafirmando que a umidade é um agravante para a corrosão, sendo necessário cuidados com o cobrimento mínimo previsto pela NBR 6118:2003 em estruturas de concreto, assim evitando recuperações futuras [1, 4].

O processo de corrosão pode ser dividido em duas partes sendo a primeira fase caracterizada pela entrada do agente químico até a despassivação da armadura. A segunda fase é marcada pela propagação, onde o processo de corrosão já está em fase muito avançada, transferindo o processo de corrosão para outras partes da armadura [8]. A figura 3 a seguir demonstra a relação entre a vida útil da construção e o grau de corrosão.

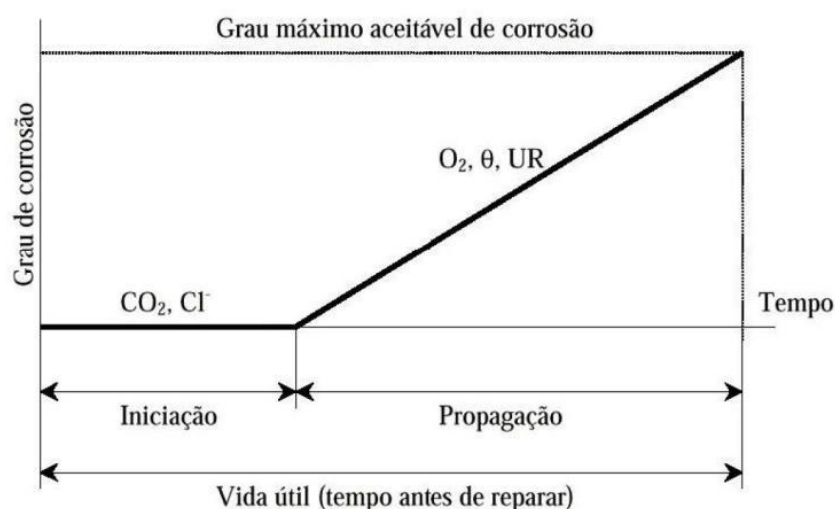


Figura 3 – Relação vida útil X grau de corrosão. Fonte: [8]

Consequente à corrosão das armaduras, o concreto passa a compor o processo de corrosão. Os fatores determinantes da corrosão do concreto, sendo eles:

- Fatores mecânicos: relacionados a vibrações mecânicas que possibilitam o contato da armadura com o ambiente externo. A água também apresenta-se como um agente mecânico de degradação, visto que através do movimento e com partículas em suspensão “chocam” com concreto erodindo-o e ocasionando seu desgaste;
- Fatores físicos: caracterizados principalmente pela variação de temperatura, ocasionando dilatações excessivas e consequentemente fissuração do concreto. Choques térmicos também podem ocasionar uma microfissuração na estrutura e comprometer sua qualidade.
- Fatores biológicos: os agentes biológicos, como microrganismos, desenvolvem um ambiente corrosivo para a massa do concreto e para a armadura acelerando o processo de oxidação. Este processo também é realizado pelas bactérias que produzem enxofre e sulfetos.
- Fatores químicos: O contato direto com ambiente externo proporciona a exposição a diversos agentes e texturas, o solo, a água e atmosfera apresentam substâncias químicas capazes de degradar as estruturas de concreto. Dentre eles é possível destacar os ácidos sulfúricos e clorídricos [9].

2.3 CARBONATAÇÃO

O fenômeno da carbonatação é definido como uma atividade físico-química que limita a vida útil de uma edificação, através da redução da alcalinidade do concreto. A carbonatação afeta diretamente a passividade da armadura favorecendo o processo de corrosão [10].

A partir desta redução são produzidas duas reações entre o dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera e o cimento quando há a presença de umidade no ambiente. Como resultado é possível observar uma redução considerável no pH do concreto que normalmente é encontrado por 12,5 decresce para 8,5 [10].

Com a figura 4 é possível visualizar como é a atuação do CO_2 no concreto, a partir disto é possível verificar a alteração do concreto original que antes era formado por hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) e passa a compor somente por carbonato de cálcio (CaCO_3) [10].

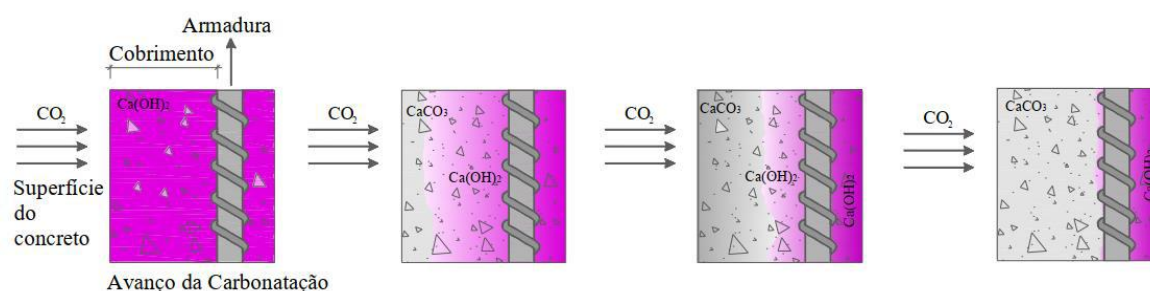


Figura 4 – Processo de carbonatação. Fonte: [9]

De forma geral, é possível descrever o processo de carbonatação a partir da seguinte equação química:



Os principais agentes que intensificam o fenômeno de carbonatação sendo eles principalmente:

- Condições ambientais (através da alta concentração de CO_2 , temperatura e umidade relativa do ar);
- Condições de exposição;
- Características do concreto;

- Qualidade da execução;
- Outros fatores como, relação água/cimento, condições de cura, grau de hidratação, presença de fissuras afetam indiretamente no processo de carbonatação [9].

Caso o processo de carbonatação permanecesse somente na camada de cobrimento, este traria benefícios quanto à resistência química e mecânica, porém com os índices de CO₂ na atmosfera e a porosidade do concreto este processo alcança a armadura do concreto, corroendo-o [6]. A lei que representa a propagação da carbonatação pode ser descrita a partir da seguinte fórmula:

$$-x = k\sqrt[n]{t} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

x é a profundidade de penetração da carbonatação;

k constante, em função da porosidade e permeabilidade do concreto;

$n = 2$, em ambientes internos e < 2 em ambientes externos.

Com base na figura 5 é possível exemplificar as condições ambientais e fatores de agravamento:

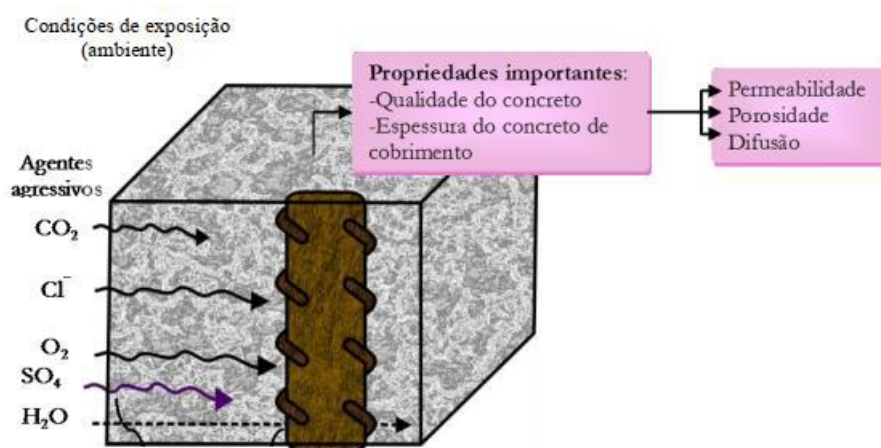


Figura 5 – Processo de carbonatação. Fonte: [9]

Com a ação dos agentes de agressividade o concreto passa se deteriorar e perder qualidade com indícios de fissuração e diminuição da camada de cobrimento do concreto. Devido aos ataques dos sulfatos é possível verificar um processo de lixiviação, biodeterioração e por fim a corrosão do aço e que ocorre após a perda da passividade da armadura [9].

Os ambientes urbanos apresentam elevadas taxas de gases na atmosfera, que se condensam com a água da chuva e precipitam sobre as estruturas de

concreto, tornando a condição extremamente favorável para o processo de carbonatação. A cidade de São Paulo e outros centros industriais possuem precipitação com índices de pH entre 3 e 4, considerados extremamente agressivos [11].

Os ambientes marinhos também contribuem para o processo de carbonatação e corrosão dos materiais, a umidade excessiva e a quantidade de elementos químicos presentes no oceano contribuem diretamente para diminuição da qualidade e da vida útil da estrutura [11].

Atualmente diversos estudos vêm sendo realizados com o objetivo de prevenir ou corrigir o problema da carbonatação no concreto, visto que os índices de emissão de CO₂ estão cada vez mais altos e afetam diretamente as estruturas de concreto armado. Uma das metodologias que vêm sendo aplicadas para os concretos carbonatados é a realcalinização eletroquímica (RAE) que basicamente consiste na aplicação de um campo elétrico entre o aço da estrutura à uma solução alcalina com o objetivo de restabelecer esta alcalinidade perdida pelo processo de carbonatação [12].

2.4 RECALQUES DE FUNDAÇÕES

O processo de análise de patologias em fundações são consideradas as mais difíceis devido à dificuldade de chegar aos elementos, visto que estão enterrados no solo. As patologias em fundações geralmente são identificadas por rachaduras e fissuras na estrutura e recalques diferenciais na base da construção [13].

O comportamento do solo é o principal agente que deve-se levar em consideração para os estudos de geotecnia. O solo é um sistema complexo que é composto por sólidos, água e vazios de ar, com a evaporação da água o solo pode perder sua estrutura e capacidade carga contribuindo para os rebaixamentos da estrutura [13]. A parcela de solo, água e ar podem ser exemplificada pela figura 6.

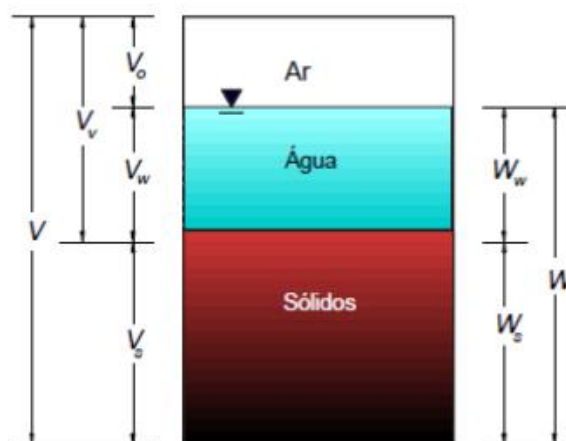


Figura 6 – Componentes e proporção do solo. Fonte: [13]

Outro grande problema encontrado em obras de fundação é o apoio dessas estruturas em solos argilosos, que devido sua complexidade não é possível obter um índice que defina realmente a sua interação solo-estrutura. Geralmente fundações que são apoiadas neste tipo de solo possuem a tendência a rebaixar devido a fácil remoção da água de suas partículas [13].

Diferentemente dos solos argilosos, os solos arenosos possuem uma permeabilidade elevada o que dificulta sua escavação. Este tipo de solo possuem um recalque imediato e para os solos argilosos este processo ocorre progressivamente ao longo do tempo. Para evitar recalque faz-se necessário analisar o grau de compactação do solo, identificando suas características, capacidade de carga e deformações [13].

Para fins de simplificação dos cálculos e pela dificuldade de terminar sua composição por completo, os solos siltosos são classificados entre silto-argiloso ou silto-arenoso, e são levados em consideração como argilas para silto-argilosos e como areia para silto-arenoso [14].

O entendimento e compreensão das camadas e estruturas do solo são indispensáveis para o início de um projeto, as investigações geológicas e geotécnicas devem ser solicitadas de acordo com o tipo de construção ou a critério do engenheiro responsável. Os laudos técnicos do solo servirão como embasamento para possíveis defesas judiciais e principalmente entendimento do funcionamento do solo em caso de surgimento alguma patologia posterior a construção da edificação [14].

O SPT (*Standard Penetration Test*) consolidou-se como um dos métodos de avaliação mais práticos e acessíveis para sondagem do solo, dentre as informações

retirada deste teste está a resistência a penetração, o nível do lençol freático e também uma amostra de solo a cada metro perfurado. A ABNT NBR 8036:1983, determina a quantidade furos que deverão ser aplicados no terreno a ser construído de acordo com metragem quadrada da edificação [15], conforme a tabela 4.

Tabela 4 – Números de furos para sondagem SPT

Área de projeção em planta	Quantidade de sondagens
Até 1200 m ²	1 para cada 200 m ²
De 1200 m ² a 2400 m ²	1 a mais para cada 400 m ² que excede 1200 m ²
Acima de 2400 m ²	Necessária avaliação específica por projeto

Fonte: [15]

De acordo com a tabela 4 acima, a NBR prevê algumas exceções sendo elas:

- Duas sondagens para área de projeção em planta de até 200 m²;
- Três sondagens para área de projeção em planta entre 200 m² e 400 m² [15].

Existem diversas causas que o recalque em fundações pode derivar sendo os principais: superposição de pressões, deficiência nas investigações geológicas e geotécnicas, fundações sobre aterro, atrito negativo, alteração da função da estrutura para o qual foi dimensionado, rebaixamento do lençol freático, infiltrações ou erosões, escavações próximas entre outros diversos motivos que propiciam o recalque [16].

Os recalques diferenciais são na maioria das vezes visíveis a olho nu e suas consequências são desastrosas na estrutura do edifício podemos observar na figura 7 um modelo com os recalques realçados um e um exemplo real de obra.

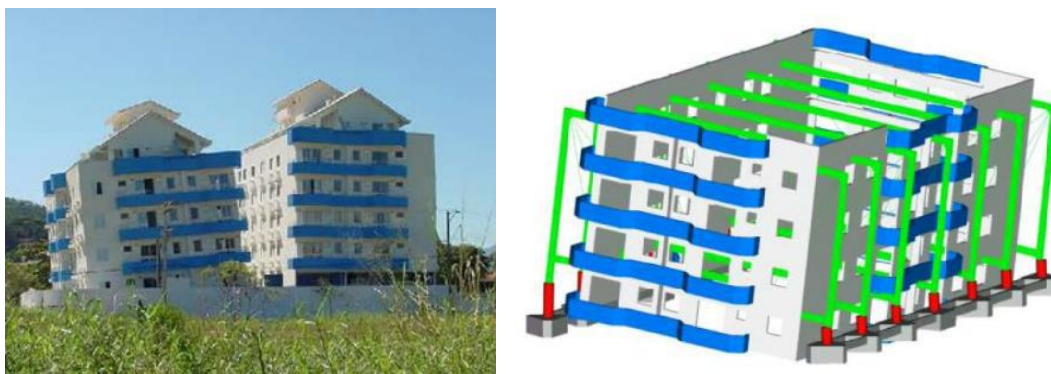


Figura 7 – Recalque diferencial em edificação de 4 pavimentos. Fonte: [16]

No caso da figura acima o autor esclareceu que os a presença de solos compressíveis e com pouca capacidade de carga ocasionou o deslocamento de aproximadamente 30 cm no piso e consequentemente a diferenciação do alinhamento com o outro prédio. Como alternativas para solução dos problemas de recalques foram elaborados projetos de recuperação com objetivo de elevar o edifício por macacos hidráulicos com apoio de fundações provisórias e estruturas metálicas. Após a suspensão do edifício e o posicionamento na cota inicial (figura 8) foram refeitas as fundações permanentes, bem como os reforços da vigas e pilares do edifício [16].

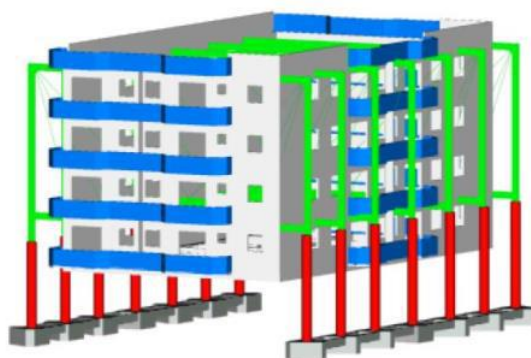


Figura 8 – Projeto de reabilitação de fundações Fonte: [16]

Para reabilitação de um edifício acometido por patologias, os laudos estruturais são indispensáveis, através destes é possível determinar a relação de custo benefício entre a reestruturação do edifício ou a sua demolição.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos dos processos patológicos demonstram relativa importância tanto quando o projeto e execução das construções, as análises das patologias e da sintomatologia apresentada devem ser realizadas com bastante cautela, visto que traz grande economicidade e segurança para os usuários das edificações. Os estudos relativos as patologias agregam valor ao imóvel servindo como base para formulação de laudos técnicos e manuais de utilização da construção.

As diversas patologias que acometem uma estrutura, todas influem diretamente na qualidade de vida usuário seja do ponto de vista estético ou da

segurança estrutural. Cada vez mais são aplicados estudos com o objetivo de prevenir e reabilitar as construções sem que seja necessária a demolição do edifício. Atualmente o ramo da engenharia diagnostica busca a preservação dos registros históricos em construção através dos controles de patologias, diversos autores desenvolvem equipamentos e metodologias para recuperação por completo da estrutura.

REFERÊNCIAS

- [1] OLIVARI, G. **Patologias em edificações**. (Monografia). Graduação em Engenharia Civil – Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo. 2013.
- [2] OLIVEIRA, D. F. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. (Monografia) UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Rio de Janeiro. 2013.
- [3] LOTTERMANN, A. F. **Patologias em estruturas de concreto**. (Dissertação) UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Ijuí .2013.
- [4] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT. 2007.
- [5] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**. Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro: ABNT. 2013.
- [6] SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Editora PINI. 1998.
- [7] THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Editora PINI: IPT: EPUSP, 1989.
- [8] HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. (Dissertação) UNIVERSIDADE DE SAO PAULO ESCOLA POLITECNICA. São Paulo. 1993.
- [9] GENTIL, V. **Corrosão**. 4º ed. Editora LTC. Rio de janeiro, 2003.
- [10] POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil em estruturas de concreto em ambiente urbano**. (Tese) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2010.
- [11] HELENE, P. R. L. **Manual para Reparo, reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1992.

- [12] RIBEIRO, P. H. L. C. MEIRA, G. R. FERREIRA P. R. Realcalinização de concretos carbonatados – influência de características do material. **VI Congresso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras**. Argentina. 2010.
- [13] ORTIGÃO, J. A. R. **Mecânica dos Solos dos Estados Críticos**. 3. ed. Rio de Janeiro. 2007.
- [14] BOTELHO, M. H. C.; CARVALHO, L. F. M. **Quatro edifícios, cinco locais de implantação, vinte soluções de fundações**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.
- [15] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8036**. Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT. 1983.
- [16] SANTOS, G. V. **Patologias devido ao recalque diferencial em fundações**. (Dissertação) UNIVERSIDADE Brasília. 2014.