



EFEITOS DA INCORPORAÇÃO DE RCC EM TIJOLOS SOLO-CIMENTO

EFFECTS OF INCORPORATION OF RCC IN SOIL-CEMENT BRICKS

Ana Karolina Ferreira COSTA¹

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: anakcostacivil15@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-9661-9824>

Jean Carlos Lemes MIRANDA¹

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: jeanmiranda018@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-5968-6865>

Joao Guilherme SARAIVA¹

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: hachoramy@hotmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0008-6281-4364>

Yves Barbosa MARINHO¹

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: yvesbarbosa31@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-7182-3329>

Mariana Matos ARANTES²

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: mariana.arag@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-4559-2503>

RESUMO

As soluções construtivas voltadas para temas como a aplicação de novas tecnologias e ferramentas, a reciclagem de resíduos, a redução do déficit habitacional, o desenvolvimento sustentável e a gestão correta de resíduos sólidos no meio ambiente buscam promover construções mais eficientes e sustentáveis. O tijolo de solo-cimento pode ser uma alternativa construtiva que inclui agregados, priorizando o desempenho de resistência à compressão e baixa permeabilidade, além de evitar que qualquer líquido extravase. Sendo assim, é imprescindível o estudo da utilização deste material,

¹ Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos - UNITPAC, Araguaína/TO, Brasil. E-mail: anakcostacivil15@gmail.com; jeanmiranda018@gmail.com; hachoramy@hotmail.com; yvesbarbosa31@gmail.com;

² Professor do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos - UNITPAC, Araguaína/TO, Brasil. E-mail: mariana.arag@gmail.com.

bem como da substituição de seus agregados por resíduos de construção civil (RCC), como alternativas essenciais do ponto de vista ambiental e da sustentabilidade eco-produtiva. Este trabalho visa estabelecer um paralelo comparativo para mostrar a interferência da adição de RCC no tijolo de solo-cimento. Os resultados mostram que a resistência tende a aumentar com a inserção de RCC, pois estes aumentam a resistência à compressão, reduzem os espaços vazios e servem como agregados na composição do tijolo.

Palavras-Chave: Tijolo. RCC. Solo-cimento. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Constructive solutions focused on topics such as the application of new technologies and tools, waste recycling, reduction of the housing deficit, sustainable development, and proper management of solid waste in the environment seek to promote more efficient and sustainable construction. The soil-cement brick can serve as a constructive alternative that includes aggregates, prioritizing compression strength performance and low permeability, while also preventing any liquid overflow. Thus, it is essential to study the use of this material, as well as the replacement of its aggregates with construction and demolition waste (CDW), as crucial alternatives from an environmental perspective and for eco-productive sustainability. This study aims to establish a comparative analysis to demonstrate the effect of adding CDW to the soil-cement brick. The results indicate that strength tends to increase with the inclusion of CDW, as it enhances compressive strength, reduces void spaces, and serves as an aggregate in the brick composition.

Keywords: Brick. RCC. Soil-cement. Sustainability.

INTRODUÇÃO

Os materiais cerâmicos vêm sendo desenvolvidos pela humanidade ao longo dos séculos, sendo conhecidos como um dos materiais mais antigos produzidos pelo homem, com cerca de 10 a 15 mil anos. Por esse motivo, esses materiais são frequentemente encontrados em escavações arqueológicas e em edificações históricas, retratando assim os costumes das épocas a que se destinam (Silva; Gomes, 2022). Em

razaõ de seu consumo comum na construçaõ civil, cresce a preocupaçaõ com o declíno das jazidas de argila, principal componente dos materiais cerâmicos.

A diminuicaõ de argila, juntamente com a degradaçaõ ambiental, proporcionou a criaçaõ de novos compo´sitos. Dessa forma, a substituicaõ de materiais primários tradicionais por materiais alternativos visa atender a` demanda sem comprometer o meio ambiente.

Os materiais cerâmicos saõ constituídos em grande parte por argila; pore´m, uma descriçaõ mais detalhada de sua composicaõ mostra que eles podem ser formados por, no mínimo, dois elementos, sendo eles meta´licos e naõ meta´licos, transformando suas estruturas cristalinas em redes complexas. Quanto ao seu arranjo atômico, as ligaço'es variam entre puramente io´nicas e covalentes; todavia, em muitas cerâmicas ha´ predominância dos dois tipos de ligaçaõ. Suas ligaço'es saõ fortes, o que interfere diretamente nas propriedades meca´nicas, levando a pouca deformaçaõ e ao rompimento apo´s a fase ela´stica. Algumas cerâmicas de engenharia te´m resiste´ncia a` traçaõ de aproximadamente metade da do aço, cerca de 200 MPa, mas possuem alta resiste´ncia a` compressaõ e altos pontos de fusãõ e ebuliçaõ (Callister, 2013).

Quanto a` argila, este e´ um material de granulometria muito fina, que, ao adicionar a´gua em quantidade adequada, torna-se pla´stico. Pore´m, ao secar, endurece e ganha maior resiste´ncia meca´nica, especialmente se for cozida a temperaturas que podem atingir 1000 °C, por períoos de ate´ 7 dias. Sua coloraçaõ pode variar do cinza ao vermelho, dependendo dos minerais que a compo'em. Por ser um produto de custo inferior aos meta´licos, a argila e´ aplicada em grande escala na engenharia, principalmente na forma estrutural, como tijolos e telhas, ou em revestimentos, como pisos de porcelanato e lavato´rios. As cerâmicas possuem uma quantidade de poros que podem interferir na resiste´ncia meca´nica e na absorçaõ, causando fragilidade e perda da peça por infiltraçaõ e corrosaõ (Callister, 2013).

A ABNT NBR 8041:1983 estabelece que as medidas para tijolos cerâmicos devem ser de 190 x 90 x 90 mm; entretanto, devido ao desconhecimento da norma e a` tradiçaõ nacional, os tijolos podem ser encontrados em outros tamanhos, como, por exemplo, 240 x 110 x 60 mm. Atualmente, os diferentes tipos de tijolos comercializados no Brasil possuem aplicaço'es bem definidas. O tijolo de barro queimado, denominado maciço, e´ utilizado em paredes de vedaçaõ, enquanto os tijolos furados

são aplicados em paredes ou como elementos autoportantes em pequenas estruturas, tendo em vista a resistência a altas temperaturas.

O tijolo de solo-cimento, também conhecido como bloco de terra comprimido, consiste em um método contemporâneo de utilização do solo como principal material construtivo, dada sua proporção, sendo feito a partir da mistura com cimento e água e submetido ao processo de compactação para se obter um material mais resistente que o solo. De acordo com Silva, B. S. e Gomes, N. T. (2022), em linhas gerais, os tijolos de solo-cimento, produzidos por sistemas manuais ou automáticos de compressão, representam uma transferência de tecnologia pela fácil assimilação dos operantes, e sua mão de obra torna familiar o sistema construtivo de alvenaria. Nesse sentido, o solo, caracterizado inicialmente como frágil quando associado com a água, gera, como consequência, tijolos com resistências consideráveis, permitindo a construção de sistemas com alta durabilidade (Fernandes, 2006).

Em geral, os tijolos de solo-cimento apresentam-se como alternativa ao tijolo convencional, considerando que não são submetidos à queima e têm influência positiva sobre o meio ambiente. Dada sua constituição, são elementos menos onerosos, que contribuem não somente com a economia no transporte, uma vez que o solo empregado na mistura é encontrado na própria região, mas também demandam pouca energia e podem constituir o próprio acabamento no empreendimento. Os tijolos de solo-cimento têm como uma de suas vantagens a inclusão de outros materiais durante o processo de fabricação, como agregados feitos a partir de entulhos industriais (Carneiro et al., 2001).

Do ponto de vista da organização social, a produção desse material pode possibilitar a integração dos indivíduos em torno da produção, permitindo que os resultados e os produtos permaneçam na comunidade, auxiliando seu fortalecimento e desenvolvendo a ideia de que esta mesma comunidade tem condições de se gerenciar, produzindo bens para seu benefício.

Em decorrência de sua abundância, o solo apresenta-se como um material de construção adequado para essa finalidade, tendo em vista sua fácil obtenção, baixo custo, sendo um elemento de conhecimento geral e de fácil aplicação. Assim, o solo configura-se como o elemento construtivo de maior predominância, representando

cerca de 90% a 93% do tijolo, visando reduzir, ao máximo possível, a proporção de cimento.

Conforme Bezerra (2016), o melhor solo é aquele que necessita de menor quantidade de cimento para atingir a estabilidade. Dessa forma, conclui-se que a melhor escolha de solo seja os arenosos ou siltosos em detrimento dos argilosos, embora a argila seja necessária, mas em pequenas quantidades, apenas para dar liga suficiente para a desmoldagem do tijolo. As características adequadas que o solo deve apresentar para a construção do tijolo de solo-cimento são:

- Limite de plasticidade = 18%;
- Limite de liquidez = 45%;
- Passar na peneira ABNT 4,8mm (nº4);
- 10% a 50% do material passado na peneira ABNT 0,075mm (nº200)

A presença de matéria orgânica prejudica a hidratação do cimento em solos escuros, o que, por sua vez, causa perda da estabilização do solo; portanto, esses solos devem ser evitados. Como alguns solos, individualmente, não conseguem atingir a estabilidade por si só, há a possibilidade de combinar dois ou mais tipos de solo, com o objetivo de alcançar as características que se enquadram nas especificações.

O cimento adicionado ao tijolo tem a função de conferir características mínimas de resistência e estabilidade. Quanto maior a quantidade de cimento, maior será a resistência do tijolo produzido; entretanto, é necessária cautela, pois a adição excessiva de cimento pode resultar em custos mais elevados na obra. Ou seja, a quantidade deve ser suficiente apenas para atingir a resistência necessária (Silva, B. S.; Gomes, N. T., 2022).

Quanto ao resíduo da construção civil, sabe-se que o setor é um dos principais responsáveis pela degradação ambiental, seja de maneira indireta – pela extração de matéria-prima –, ou direta, pela geração de resíduos.

O estudo realizado por Brasileiro e Matos (2015) relata que essa atividade é uma das mais antigas da humanidade, realizada inicialmente por meio de artesanato, que gerava uma grande quantidade de subprodutos e resíduos e não possuía tratamento adequado, devido ao conhecimento limitado da época. Os primeiros

estudos científicos envolvendo os produtos gerados pelas atividades construtivas foram conduzidos em argamassas, pavimentos e concretos. Nesse sentido, esse campo constitui uma das áreas de maior importância para o desenvolvimento econômico e social.

Apesar de este setor ter significativo valor para a economia, ele se apresenta como um dos principais agentes degradadores do meio ambiente, uma vez que a cadeia produtiva da construção civil consome cerca de 20 a 50% dos recursos do planeta. Devido à extração de materiais inertes, como cascalho e areia, a paisagem e os perfis hídricos acabam sendo significativamente alterados.

Embora o setor da construção tenha grande relevância econômica e seja um dos principais geradores de resíduos, até o ano de 2002 o país não dispunha de mecanismos que definissem medidas para o correto tratamento dos RCC (Resíduos de Construção Civil), sendo estas estabelecidas somente após a ratificação da Resolução CONAMA nº 307 de 2002.

Uma vez que tanto no processo de beneficiamento dos materiais quanto nas etapas subsequentes são gerados resíduos, estes, conforme a Resolução CONAMA nº 307 de 2002, são definidos como materiais provenientes de “construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil”. Assim, segundo o Art. 3º da referida resolução, os resíduos deverão ser classificados por classes:

- Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: componentes cerâmicos, reparos de pavimentos, infraestruturas, terraplanagem, fabricação ou demolição de pré-moldados.
- Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelaço, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso
- Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação
- Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas,

instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Devido à quantidade de resíduos gerados pela indústria da construção, existe a necessidade de reciclagem, dado o impacto ambiental causado por eles, que pode ser atenuado com o processo de reciclagem e reutilização desses materiais.

A Resolução nº 307 de 2002 estabelece que os resíduos de Classe A deverão ser reciclados ou armazenados como agregados em aterros para posterior reutilização, enquanto os de Classe B também devem ser reciclados ou reutilizados, embora o seu armazenamento seja temporário. Ainda que existam normativas estabelecidas, são poucos os mecanismos voltados à redução da geração de resíduos em sua origem.

Estudos realizados destacam a possibilidade de reaproveitamento dos RCC em diversos campos da engenharia, como, por exemplo, a reutilização do agregado reciclado como material para aterramento de pavimentos, já que ele apresenta diversos benefícios. Além da utilização como material de aterro, esses resíduos ainda podem ser usados como agregado para concreto de baixa resistência. Segundo os mesmos estudos, a reciclagem apresenta vantagens econômicas, uma vez que o descarte irregular gera um custo elevado para a administração pública.

Este trabalho tem como objetivo o estudo comparativo entre os trabalhos de Ikarugi Bomfim de Souza (2006) e Maysa Loureiro Araújo Rodrigues (2008), a fim de avaliar a inserção de RCC no tijolo solo-cimento e a interferência disso na resistência mecânica e na absorção de água desses tijolos.

METODOLOGIA

Neste artigo, foi realizada uma análise bibliográfica de duas dissertações em que o principal objetivo foi observar a interferência das frações de RCC na resistência mecânica e na absorção de água. Os resultados foram tabulados e comparados por meio de gráficos e tabelas elaborados no Excel.

Os trabalhos selecionados foram o de Márcia Ikarugi Bomfim de Souza (2006), que realizou sua dissertação de mestrado na cidade de Ilha Solteira, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, cujo tema foi: “Análise da Adição de Resíduos de Concreto em Tijolos Prensados de Solo-Cimento”. Este trabalho propõe a incorporação de resíduos de concreto na produção de tijolos prensados de solo-

cimento, com o objetivo de propor soluções técnicas para reduzir o custo de produção dos tijolos de solo-cimento, melhorar sua qualidade e propiciar condições para o aproveitamento desse resíduo. Foram moldados corpos de prova, seguindo as recomendações das Normas Técnicas Brasileiras pertinentes, e estes foram testados em diferentes ensaios para que suas propriedades fossem analisadas, incluindo as propriedades mecânicas.

O segundo trabalho selecionado foi a dissertação de mestrado de Maysa Loureiro Araújo Rodrigues (2008), apresentada na cidade de Goiânia ao programa de pós-graduação em engenharia da Universidade Federal de Goiás, cujo tema foi “Adição de Resíduo de Argamassa Mista na Produção de Tijolos Modulares de Solo-Cimento”. Nesse trabalho, foi realizada a incorporação de RCC no tijolo de solo-cimento, com diferentes variações de RCC, com a finalidade de avaliar as diversas propriedades dos tijolos.

Em ambos os trabalhos, foram relacionados os tijolos de solo-cimento produzidos sem aditivos e com fração de cimento de 10%, utilizando 0% e 20% de RCC, sendo este resíduo de argamassa triturado.

Para os ensaios de compressão e absorção, ambos os trabalhos seguiram as normativas vigentes da ABNT/NBR 8492.

RESULTADOS

Ao avaliar os trabalhos supracitados de Márcia Ikarugi Bomfim de Souza (2006), denominado trabalho (A), e de Maysa Loureiro Araújo Rodrigues (2008), denominado trabalho (B), observa-se que o tijolo de solo-cimento produzido com 10% de cimento no solo foi utilizado por ambos os autores, sendo testado em ensaios de compressão e absorção.

Em ambos os estudos, a fração de RCC foi variada, sendo este composto por argamassa triturada, inserido no tijolo de solo-cimento nas proporções de 0% e 20%. A resistência mecânica, medida em ensaios de compressão, foi realizada conforme as normas da ABNT/NBR, e os corpos de prova foram curados e analisados aos 7 e 28 dias. Os resultados podem ser observados na Tabela 1 e na Figura 1.

Tabela 1: Resistência em compressão do tijolo solo cimento com 10% de cimento.

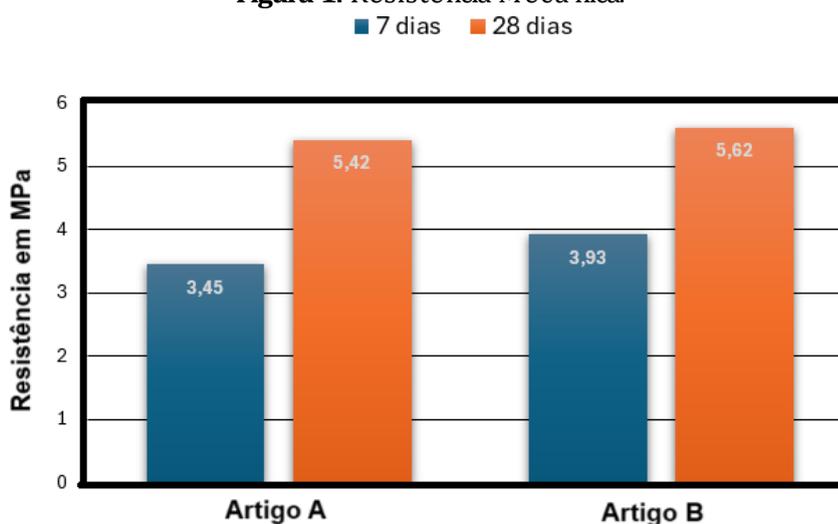
Fração de RCC		0%		20%	
Tempo de cura		7 dias	28 dias	7 dias	28 dias
Artigos Analisados	(A)	3,45 MPa	5,42 MPa	3,93 MPa	5,62 MPa
	(B)	0,88 MPa	1,61 MPa	1,74 MPa	1, 31MPa

Fonte: Autores (2024).

Ao comparar os resultados expostos na Tabela 1, observa-se que a resistência mecânica aumentou 0,2 MPa no artigo A, enquanto houve uma redução de 0,3 MPa no artigo B, para o tempo de 28 dias de cura. Essa redução é entendida como uma interferência no equipamento ou como uma interferência causada por espaços vazios internos formados ao final da cura, pois a granulometria do RCC adicionado interfere nos poros formados no interior do tijolo após sua compactação. Observa-se, para o mesmo autor, que, ao comparar o início da cura aos 7 dias, há um aumento de 0,86 MPa.

Ao observar a Figura 1, nota-se as relações expostas acima, onde em azul estão representados os dados referentes aos 7 dias de cura e em laranja, os 28 dias de cura para ambos os artigos.

Figura 1: Resistência Mecânica.



Fonte: Autores (2024).

Em relação à absorção de água no tijolo de solo-cimento com e sem RCC, após 28 dias de cura, nota-se na Tabela 2 que, para o artigo A, houve uma redução de 2,7% na absorção de água com a inserção de RCC. Esse resultado evidencia um ganho de resistência mecânica no tijolo, indicando que a incorporação do RCC reduziu os espaços vazios.

O artigo B, por sua vez, apresenta um aumento de 0,4% na absorção de água nos tijolos com RCC, o que pode corroborar a compreensão sobre a redução da resistência mecânica desses tijolos mencionada anteriormente. Afinal, a presença de espaços vazios aumenta a absorção de água, resultando em uma possível fragilização do material.

Tabela 2: Porcentagem de Absorção de água do tijolo solo cimento com 10% de cimento.

Fração de RCC		0%	20%
Artigos Analisados	(A)	17%	14,3%
	(B)	23,6%	24%

Fonte: Autores (2024)

CONCLUSÃO

Com base no estudo realizado neste artigo, pode-se entender que a inserção de RCC em tijolos sol-cimento é importante, pois, além do beneficiamento ambiental, evitando o acúmulo de resíduos e o descarte inadequado, há um acréscimo de resistência e uma redução na absorção de água nos mesmos, interferindo diretamente na qualidade da obra e no impacto ao cliente.

Como pode-se observar, o artigo A alcançou valores mais promissores que o artigo B, tanto em relação à resistência, na qual observou-se um acréscimo de 2 MPa, quanto para a absorção, que sofreu uma redução de 2,7%. Estes valores corroboram as propriedades descritas por outros estudiosos da área, e os valores discrepantes encontrados pelo artigo B podem ser entendidos como uma interferência na porosidade ou no equipamento, o que não descredibiliza o estudo, devido à complexidade de fatores que podem gerar interferências.

REFERÊNCIAS

ABNT/ NBR-8491: **Tijolo maciço de solo-cimento** - especificação. Rio de Janeiro: 1984

ABNT/ NBR 8041: 1983 **Fabricação de tijolos solo-cimento com a utilização de prensas manuais**. Rio de Janeiro: 1983.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, n. 358, p. 178-189, 2015.

BEZERRA, F. T. C, Lafayette, K. P. V., Avaliação do Resíduo de Construção e Demolição (RCD) em Solo-Cimento. **Revista de engenharia e pesquisa aplicada** Vol. 2, nº 1, 2016.

BRUNO Sanches da, Natália Tavares Gomes, Alexandre Vianna Bahiense, Rafael Picanço de Oliveira, Jonas Alexandre, Tijolo de Solo-Cimento: incorporados de resíduos e viabilidade na construção civil no Brasil. **Research, Society and Development**, Vol. 11, nº 2, 2022

CALLISTER, W. D., RETHWISCH, D. G. **Estruturas dos polímeros**. Ciência e engenharia de materiais uma introdução. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. Cap.14-15, p.455-525.

CARNEIRO, A.P.; BRUM, I.A.S. & CASSA, J.C.S. (2001) **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção**. EDUFBA; Caixa Econômica Federal, Salvador., 2001.

CASA BRASIL, **Adobe Matéria Prima Tao Antiga Pode Ser Alternativa Para O Futuro**, 2017.

FERNANDES, M. **Técnicas de construção em terra. 10ª Mesa Redonda de Primavera**. TERRA: forma de construir. Universidade de Coimbra. Coimbra. 2006.

MARCIA IKARUGI BOMFIM DE SOUZA. **“Análise Da Adição De Resíduos De Concreto Em Tijolos Prensados De Solo-Cimento”**. Dissertação de mestrado Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2006.

MAYSA LOUREIRO ARAUJO RODRIGUES **“Adição de resíduo de argamassa mista na produção de tijolos modulares de solo-cimento”**. Dissertação de mestrado Universidade de Federal de Goiás, 2008

RESOLUÇÃO CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 5 jul. 2002.

EFEITOS DA INCORPORAÇÃO DE RCC EM TIJOLOS SOLO-CIMENTO. Ana Karolina Ferreira COSTA; Jean Carlos Lemes MIRANDA; Joao Guilherme SARAIVA; Yves Barbosa MARINHO; Mariana Matos ARANTES. JNT Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. ISSN: 2526-4281 - FLUXO CONTÍNUO. 2024 - MÊS DE NOVEMBRO - Ed. 56. VOL. 01. Págs. 26-36. <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. E-mail: jnt@faculdefacit.edu.br.