



### III-155 – UTILIZAÇÃO DE LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE CHAPECÓ (SC) NA CONFECCÃO DE TIJOLOS CERÂMICOS

**Rebecca Iva carreiro Simonetti do Pillar<sup>(1)</sup>**

Acadêmica do 9º período de Engenharia Civil da Universidade Comunitária Regional de Chapecó (Unochapecó/SC).

**Rosiléa Gracia França**

Professora do Mestrado em Ciência Ambientais da Unochapecó. Doutora em Engenharia Civil pela Unicamp. Mestre em Engenharia Oceânica pela Fundação Universidade do Rio Grande (FURG). Engenheira Civil pela FURG.

**Anderson Rodrigo Miranda**

Mestrando do curso de Ciências Ambientais da Universidade Regional de Chapecó (Unochapecó). Engenheiro da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN. Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

**Francielle Nicaretta**

Acadêmica do 9º período de Engenharia Civil da Unochapecó/SC.

**Patrícia Rossoni**

Acadêmica do 9º período de Engenharia Civil da Unochapecó/SC.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Senador Attílio Fontana, 591 E, Efapi - Chapecó - SC - CEP: 89809-000 - Brasil - Tel: (49) 3321-8000 - e-mail: [rebeccaiva@unochapeco.edu.br](mailto:rebeccaiva@unochapeco.edu.br)

#### RESUMO

Na cidade de Chapecó (SC) existe a Estação de Tratamento de Esgotos de Chapecó a qual utiliza o sistema de lodos ativados por aeração prolongada e em seu tratamento secundário (decantação) produz um resíduo, o lodo. Como alternativa ambientalmente correta ao destino do lodo, este trabalho propõe a aplicação do mesmo, em percentuais, em tijolos maciços cerâmicos, contribuindo também com a redução da quantidade de argila retirada das jazidas. Serão produzidos tijolos cerâmicos maciços com adição de 5, 10, 20 e 40% de lodo de esgoto e também amostras sem adição de lodo de esgoto, totalizando 130 amostras. As amostras serão submetidas a verificações e análises para no Laboratório de Engenharia Civil da Unochapecó para verificar se as mesmas estão em conformidade com as normas técnicas em relação à dimensão, à resistência à compressão, à absorção de água e quanto certas verificações visuais. Também serão providenciadas análises para caracterização da argila e do lodo utilizados na confecção dos tijolos através do envio das substâncias a laboratórios especialistas nestas análises.

**PALAVRAS-CHAVE:** tijolo cerâmico; lodo de esgoto; estação de tratamento.

#### INTRODUÇÃO

A preservação do meio ambiente precisa ser levada em consideração pelo ser humano em todas as atividades exercidas pelo mesmo, logo, a utilização exacerbada da natureza e o desleixo com os resíduos que as atividades do homem geram tornam-se um assunto relevante.

As estações de tratamento de esgoto geram diariamente um lodo, o qual possui como destino, na maioria dos casos, em decorrência do alto custo para o tratamento correto do mesmo, os aterros sanitários.

A necessidade de um destino ecológico, correto e útil do ser humano para este resíduo vem despertando diversos estudos sobre o tema.

Uma das alternativas para a solução deste problema seria a incorporação do lodo na fabricação de tijolos cerâmicos. Esta ação auxiliaria não apenas em um destino correto ao resíduo como também colaboraria para a redução da extração de argila das jazidas, favorecendo assim a preservação do meio ambiente.

Estudos realizados sobre o tema mostram que o lodo proveniente de estações de tratamento de esgoto pode ser incorporado a materiais da construção civil desde que sejam seguidos corretamente os critérios estabelecidos



pelas Normas vigentes, comprovando assim que é possível proporcionar um encaminhamento ambiental positivo, que reduz a coleta de matéria-prima da natureza a um resíduo que poderia, ao possuir um destino inadequado, contaminar o solo e, por consequência, o meio ambiente.

A cidade de Chapecó (S/C) possui uma Estação de Tratamento de Esgoto, a qual também possui como resíduo o lodo e é neste contexto que esta pesquisa procurará avaliar a viabilidade de aplicação do lodo proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto de Chapecó (S/C) na fabricação de tijolos cerâmicos. Portanto esta pesquisa visa o seguinte questionamento: É possível utilizar o lodo proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto de Chapecó (S/C) para a produção de tijolos cerâmicos?

## MATERIAL E MÉTODOS

As matérias-primas utilizadas foram argila e lodo de esgoto. A argila é de uma indústria de blocos cerâmicos localizada na cidade de Chapecó (SC), constituía-se de uma mistura de três argilas, das três a de maior quantidade da margem do Rio Uruguai. O lodo é da ETE de Chapecó (SC), a qual utiliza, para o tratamento de esgoto, o sistema de lodos ativados por aeração prolongada, o qual é proveniente do tratamento secundário (decantação).

A confecção dos corpos-de-prova foi realizada parte no Laboratório de Engenharia Civil da Unochapecó e parte na olaria (apenas o cozimento do material, pois, no laboratório da faculdade não há forno que chegue a elevado grau de cozimento, necessário a este tipo de material) onde foi conseguida a argila, o processo de fabricação está descrito a seguir.

Para a utilização do lodo de esgoto na fabricação dos tijolos foi necessário, primeiramente, secar a matéria-prima retirada da ETE, pois, a mesma estava muito úmida, o que impossibilitava sua mistura, neste estado físico, para fabricação das amostras.

Para secar o lodo foi utilizado primeiramente o mesmo lodo usado na obtenção do teor de umidade, porém, após 24 horas em estufa a 100°C, percebeu-se que o lodo permanecia com teor de umidade elevado, dificultando a fabricação dos tijolos, fora o fato do odor proveniente da secagem do material em estufa ser desagradável.

Diante do fato relatado, foi realizada a secagem ao ar livre do lodo, a qual produziu melhores resultados. Após este procedimento, foi necessário destorroar e peneirar o lodo. Em primeiro momento foi utilizado o processo manual para o destorroamento, através do uso de mão de grau e, passado na peneira 4,75 mm. Porém, durante o procedimento foi visto que este era muito dispendioso, logo, a metodologia manual foi mudada, optando-se então para a utilização do moinho de resíduos orgânicos (Figura 1) para destorroar o lodo. Esta máquina já possui peneira de 5 mm acoplada portanto o lodo já sai pronto.



**Figura 1: Moinho de resíduos orgânicos**

Após a utilização do moinho de resíduos orgânicos para o destorroamento do lodo, fez-se necessária a preparação da argila para a mistura, esta foi seca naturalmente em bandejas de alumínio e, como esta se apresentava, em sua grande maioria, em pedaços grandes e sólidos, em decorrência da secagem do material, foi utilizado o moinho de resíduos orgânicos para destorroá-la, porém, este método não apresentou resultado positivo como para o lodo, sendo assim a argila utilizada na mistura foi usada da mesma forma que obtida na olaria, sem necessidade então da preparação da matéria-prima antes do experimento, com exceção de passar a mesma em peneira 6,3mm para que a granulometria seja mais favorável à realização da mistura.

Posteriormente, o material necessário à fabricação dos tijolos (argila e lodo) foi pesado em balança para que haja proporção necessária. Logo, os materiais foram misturados em um recipiente. Posteriormente, foram transferidos para a betoneira onde foi adicionada a água necessária à mistura e os mesmos foram misturados por 10 min, utilizando-se assim uma faixa de umidade entre 20 a 30%.

A mistura foi colocada então nos moldes de madeira, com o auxílio das mãos, de uma colher de pedreiro, a qual serve para pegar o material e também nivelar a massa na fôrma, de um pequeno pedaço de madeira, o qual é pressionado contra a massa presente no molde para que esta compacte melhor, e de uma marreta, a qual pode ser utilizada na própria massa ou batendo-a no pedaço de madeira e este na massa. Posteriormente, os corpos-de-prova foram colocados para secar ao natural e estes são secos três dias, no mínimo, a sombra, mais três dias, no mínimo, ao sol, é válido acrescentar que a pesquisa está sendo realizada em meses de calor, portanto, se o clima fosse mais frio a secagem deveria ser mais longa. Posteriormente, o material foi removido das fôrmas e enviado a olaria para o cozimento.

Na olaria, os corpos-de-prova foram queimados à 750°C em um forno do tipo contínuo por 32 horas, é possível ver os tijolos após saírem do forno. Posteriormente a queima, os mesmos retornaram ao Laboratório de Engenharia Civil da Unochapecó, onde foram submetidos a várias verificações, tais como visuais, quanto à forma e dimensão, à resistência à compressão e à absorção de água.

#### FABRICAÇÃO DOS TIJOLOS.

Por ordem cronológica de fabricação foram criados primeiramente os tijolos de 5% de acréscimo de lodo em volume da mistura, secundamente, os sem acréscimo de lodo e posteriormente os de 10% de acréscimo de lodo em volume da mistura.



Como a mistura de 5% foi a primeira a ser realizada, nesta foi feito o acréscimo de 20% de volume de material devido à compactação sofrida pelo mesmo durante a fabricação dos tijolos, porém, mesmo com este acréscimo não foi conseguido o número de 26 unidades determinadas em projeto, logo, para as outras misturas foram acrescentados 30% de material em volume.

Durante a execução da pesquisa foi percebida, após a execução dos tijolos sem acréscimo de lodo, a necessidade de colocar desmoldante nos moldes de madeira, antes da aplicação da mistura, o qual foi aplicado nos moldes dos tijolos feitos com acréscimo de 10% de lodo em volume, isto acarretou em tijolos com melhor aparência, como também com dimensões mais retilíneas pois, quando os tijolos eram retirados do molde, sem desmoldante, alguns possuíam suas arestas vivas destruídas, tendo então seu formato original, fornecido pelo molde, alterado.

Nas misturas que utilizavam lodo da ETE foi possível perceber que a massa ficava mais seca, tanto com adição de 5% de lodo como para 10%, quando comparada com a massa apenas de argila, o que fazia que o processo de moldagem dos blocos fosse mais dispendioso.

Por dificuldades de fornecimento de lodo devido a problemas operacionais no adensador da estação houve menor disponibilidade de material à pesquisa, e devido ao pouco tempo restante para que o mesmo pudesse ser seco e posteriormente destorroado para sua aplicação a mistura, as proporções de 20% e 40% não foram feitas a tempo de serem expostas neste trabalho, como também não foi possível a criação das 26 unidades de tijolos necessárias as proporções criadas, por problemas decorrentes da compactação sofrida pelo material durante a execução dos tijolos e também pela falta de fornecimento de lodo da ETE. Portanto, não foram criados os 130 corpos-de-prova previstos em projeto. Foram criados apenas:

- 19 unidades de corpos-de-prova com argila e 5% de lodo obtido na ETE de Chapecó (SC);
- 18 unidades de corpos-de-prova com argila e 10% de lodo obtido na ETE de Chapecó (SC);
- 0 unidades de corpos-de-prova com argila e 20% de lodo obtido na ETE de Chapecó (SC);
- 0 unidades de corpos-de-prova com argila e 40% de lodo obtido na de Chapecó (SC);
- 24 unidades de corpos-de-prova somente com argila.

#### Testes de Verificação

No Laboratório de Engenharia Civil da Unochapecó foram verificadas as características dos corpos-de-prova para verificar se os tijolos que foram confeccionados estão em conformidade com as normas técnicas em relação às verificações visuais, forma e dimensão, à resistência à compressão e à absorção de água.

Para que não haja desperdício de amostras e as mesmas possam ser usadas em todos os testes que envolvem cada grupo de tijolos criado, a ordem de ocorrência dos testes de verificação foi:

- 1º → Verificações visuais;
- 2º → Verificação quanto à forma e dimensão;
- 3º → Verificação quanto à resistência à compressão.

As verificações foram feitas em 25 de tijolos sem adição de lodo da ETE, 19 de tijolos com 5% de acréscimo de lodo em volume e 18 de tijolos com 10% de acréscimo de lodo em volume.

Esta verificação foi feita visualmente, conforme Souza et al (1977), onde foi observada a presença de trincas, quebras, superfícies irregulares, deformações e uniformidade ou não da cor dos tijolos, assim como também,



pode ser visto se os tijolos formam bem cozidos ou não, pois conforme Campos (S/d), através do golpe de uma colher de pedreiro contra o tijolo, quanto mais firme e metálico for o som, melhor foi o cozimento do mesmo. Os dados obtidos nesta verificação são apresentados a seguir:

- Com relação aos tijolos sem acréscimo de lodo em volume, apenas dois não apresentaram deformação, um não apresentou trinca e todos da amostra apresentaram bom cozimento;
- Com relação aos tijolos com acréscimo de 5% de lodo em volume, todos os tijolos da amostra não atendiam nenhuma das qualidades visuais necessárias, ou seja, possuíam trincas, quebras, superfícies irregulares, deformações e não uniformidade de cor e apresentaram, em todos os mesmos, bom cozimento;
- Com relação aos tijolos com acréscimo de 10% de lodo em volume, apenas um não apresentou trinca e, com relação ao cozimento, 10 apresentaram mau cozimento e 8 bom cozimento.

Porém, mesmo a maioria das amostras apresentando um bom cozimento, o qual foi verificado através do golpe de uma colher de pedreiro contra o tijolo, as amostras apresentaram, em sua grande maioria, partes queimadas, como podem ser observadas em algumas das amostras na Figura 2.



**Figura 2: Amostras queimadas**

Para a verificação quanto à forma e a dimensão foram seguidas as especificações presentes na NBR 7071 (ABNT, 1983), porém, há a necessidade de 24 corpos-de-prova para fazer a verificação e, graças a não ter, em todas as proporções criadas, este número de unidades cada proporção obteve esta verificação de forma diferente.

Para a verificação se as dimensões estão corretas foi utilizado o critério conforme NBR 7071 (ABNT, 1983, p.02), “As tolerâncias máximas de fabricação para os tijolos comuns devem ser de 3 mm para mais ou para menos, nas três dimensões.”

Para os tijolos sem adição de lodo de esgoto, que na amostra total tinham 24 tijolos, foi possível à execução desta verificação com os 24 tijolos necessários. Os tijolos foram divididos em duas fileiras de 12 unidades cada uma, as quais foram medidas separadamente, com auxílio de uma trena, e depois, foram somados os valores das dimensões obtidos nas duas fileiras e, posteriormente, o valor foi dividido por 24. Esta forma de medir foi aplicada às três dimensões existentes comprimento, largura e altura. As médias obtidas para o comprimento, largura e altura, para esta proporção, obtidas são respectivamente: 16,99 cm, 7,56 cm e 5,01 cm, como, cada bloco deveria ter as dimensões de comprimento igual a 19 cm, largura igual a 9 cm e altura de 5,7





cm, conforme a NBR 8041 (ABNT, 1983) e conforme NBR 7071 (ABNT, 1983), a tolerância máxima, nas três dimensões, deve ser de 0,3 cm para mais ou para menos, nenhuma das dimensões está correta conforme as Normas.

Para os tijolos com adição de 5% de lodo de esgoto, que na amostra total tinham 19 tijolos, foi feita desta verificação com todos os tijolos. Os 19 tijolos foram posicionados enfileirados, medidos com uma trena, e depois, foram somados os valores das dimensões e, posteriormente, o valor foi dividido por 19. Esta forma de medir foi aplicada às três dimensões existentes comprimento, largura e altura, as quais foram 17,38 cm, 7,94 cm e 5,21 cm. Cada bloco deveria ter as dimensões de comprimento igual a 19 cm, largura igual a 9 cm e altura de 5,7 cm, conforme a NBR 8041 (ABNT, 1983) e conforme NBR 7071 (ABNT, 1983), a tolerância máxima, nas três dimensões, deve ser de 0,3 cm para mais ou para menos, logo, nenhuma das dimensões está correta conforme as Normas.

Para os tijolos com adição de 10% de lodo de esgoto, que na amostra total tinham 18 tijolos, foi feita desta verificação com todos os tijolos. Os 18 tijolos foram posicionados enfileirados, medidos com uma trena, e depois, foram somados os valores das dimensões e, posteriormente, o valor foi dividido por 18. Esta forma de medir foi aplicada às três dimensões existentes comprimento, largura e altura, as quais foram 17,27 cm, 8,36 cm e 5,2 cm. Cada bloco deveria ter as dimensões de comprimento igual a 19 cm, largura igual a 9 cm e altura de 5,7 cm, conforme a NBR 8041 (ABNT, 1983) e conforme NBR 7071 (ABNT, 1983), a tolerância máxima, nas três dimensões, deve ser de 0,3 cm para mais ou para menos, logo, nenhuma das dimensões está correta conforme as Normas.

Para a verificação da resistência à compressão foi feita seguindo a NBR 6460 (ABNT, 1983), onde foi feita dupla amostragem e, portanto, foram necessários 13 corpos-de-prova de cada proporção.

Durante a execução desta verificação, a qual utilizou a NBR 6460 (ABNT, 1983), os tijolos foram imersos em água potável por 24h e, após, esta parte do procedimento foi possível verificar que os tijolos com acréscimo de lodo, mesmo molhados, não possuem cheiro ruim, ao contrário, tantos os tijolos com lodo como os sem lodo tinham o mesmo odor o qual era inodoro, assim, como também a água onde os mesmos foram imerso não apresentava cheiro algum.

Para aceitação ou rejeição dos tijolos foi utilizado o critério presente na NBR 7071 (ABNT, 1983), e, como parâmetro mínimo de resistência, foi considerado o estipulado na NBR 6460 (ABNT, 1983), onde o mínimo que um tijolo maciço cerâmico precisa ter de resistência é 1,5 MPa.

Como o número de amostras utilizado em cada proporção era de 13 tijolos, foram verificados todos os resultados das resistências que cada tijolo obteve e foi seguida a seguinte consideração, se dos 13 tijolos medidos apenas dois ou menos tivessem resistência inferior a 1,5 MPa o grupo de tijolos seria aceito e estaria coerente com o especificado nas Normas. Portanto, para cada proporção de utilização de lodo foram obtidos os seguintes resultados:

- Com relação aos tijolos sem acréscimo de lodo em volume nenhum dos tijolos teve resistência abaixo do estipulado;
- Com relação aos tijolos com acréscimo de 5% de lodo em volume nenhum dos tijolos teve resistência abaixo do estipulado;
- Com relação aos tijolos com acréscimo de 10% de lodo em volume seis tijolos possuem resistência menor que 1,5 MPa, portanto, esta proporção não está conforme a Norma.

## RESULTADOS

Os tijolos maciços cerâmicos confeccionados apresentaram aparência visual muito ruim onde, em sua quase totalidade, possuíam trincas, quebras, superfícies irregulares, deformações e não uniformidade de cor, isto provavelmente ocorreu pela forma de fabricação utilizada, a qual foi manual e possuía compactação feita pelas pessoas logo, a diferença na forma pela qual cada pessoa manuseava e compactava deve ter ocasionado tal consequência negativa.



Como os tijolos foram utilizados em diversas verificações, não foi possível quebrá-los e observá-los em seu interior, para verificação visual, logo, nesta fase, a queima só pode ser verificada com os tijolos inteiros, porém, durante a verificação quanto à resistência a compressão foi preciso cortá-los tornando possível assim a visualização no interior dos tijolos. Diante do exposto foi possível ver, que, em sua grande maioria, os tijolos apresentaram boa queima no sentido de estarem bem cozidos, porém, um fator negativo foi o excesso da queima.

Foi observado na verificação quanto à forma e dimensão que os tijolos com acréscimo de lodo retraíram menos que sem lodo e apenas argila. Também é válido acrescentar que nesta verificação nenhum dos tijolos teve as dimensões conforme a Norma, ou seja, todos tiveram o comprimento, a largura e a altura em medidas diferentes das estipuladas as quais seriam, respectivamente 19 cm, 9 cm e 5,7 cm, e fora da tolerância permitida por Norma, que é de 0,3 cm para mais ou para menos. Isto aconteceu, pois os moldes de madeira fabricados para a execução deste trabalho não levaram em consideração a retração que o tijolo sofre durante a secagem, logo, isto precisava ser considerado.

Na verificação quanto à resistência à compressão foi observado que os valores de resistência obtidos nos tijolos sem adição de lodo e com 5% de adição de lodo em volume são maiores que 1,5 MPa, sendo suas médias de resistência 2,81 MPa e 2,57 MPa, respectivamente. Porém, quanto aos tijolos com 10 % de lodo acrescentado, as resistências de alguns destes foram abaixo do estipulado (1,5 MPa), resultando na rejeição desta remessa. Logo, conclui-se que, em relação a esta verificação, o acréscimo de 5% de lodo em volume em tijolos cerâmicos maciços não interfere na resistência dos tijolos de maneira negativa, pois a resistência destes tijolos comparados com a dos tijolos sem lodo é semelhante.

## **CONCLUSÕES**

Com este trabalho de confecção de tijolos com acréscimo de lodo em volume, foi observado que utilizando até 5% de adição de lodo em volume é possível de ser realizada, pois, as características fora do estabelecido em norma com relação às verificações visuais e às de forma e dimensão aconteceram devido à maneira com que os tijolos foram criados.

A maneira de fabricação precisa ser aprimorada, o processo deve ser melhorado e reavaliado para que o produto final tenha melhores resultados. Como fatores que precisam ser revistos em pesquisas posteriores destacam-se: a necessidade da previsão da retração sofrida nos tijolos durante a fase de secagem fazendo com que os moldes tenha medidas que já leve em consideração a retração sofrida pela mistura; melhorar a forma de compactação da mistura nos moldes, criar uma maneira pela qual a compactação possa ser feita mais uniforme e haja também um controle na intensidade da força utilizada; outro fator em destaque é que, durante o destorroamento do lodo é gerada uma poeira proveniente do mesmo e como se trata de um material que, nesta fase, antes do cozimento dos tijolos na olaria, contém microrganismos patogênicos é necessário rever a forma de destorroar o lodo, pois se trata de algo de grande prejuízo para as pessoas que aspiram esta poeira.

A dificuldade de um fornecimento periódico de lodo da ETE de Chapecó (SC) devido ao não funcionamento de algumas unidades foi algo que resultou na não criação de todos os tijolos previstos no projeto deste trabalho e, portanto, necessita ser avaliado caso a idéia seja implementada por alguma olaria. Neste caso, a periodicidade no envio de lodo é algo crucial para perfeito funcionamento do sistema.

Portanto, a criação de tijolos com acréscimo de lodo de esgoto da ETE de Chapecó (SC) precisa ser melhor avaliada para que seja aplicada em uma escala real na construção civil.

## **AGRADECIMENTO**

À Unochapecó (CCAA, CETEC e Coordenação do Mestrado) pelo apoio financeiro para participação no congresso.



## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8041: Tijolo Maciço Cerâmico para alvenaria – formas de dimensões**. Rio de Janeiro, 1983.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7170: Tijolo Maciço Cerâmico para alvenaria**. Rio de Janeiro, 1983.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6460: Tijolo Maciço Cerâmico para alvenaria - verificação da resistência a compressão**. Rio de Janeiro, 1983.
4. CAMPOS, Iberê M. **Alvenaria com tijolos comuns**. São Paulo. Disponível em: [www.scielo.br/scielo.php?pid=S0366-69132000000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0366-69132000000100003&script=sci_arttext) - 34k. Acesso em: 10 de setembro de 2008.