



ANAIS DO 47º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2005

Setembro / 2005 ISBN 85-98576-07-7

Volume XIV - Túneis, Pontes e Viadutos em Concreto

Trabalho 47CBCO360 - p. XIV31-41

© 2005 IBRACON.

ESTUDO DE PONTES DE ADERÊNCIA PARA REPAROS EM SUPERFÍCIES ÚMIDAS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO DE USINAS HIDRELÉTRICAS

EVALUATION OF BOND COATS ON WET SURFACES OF CONCRETE STRUCTURES OF HYDROELECTRIC POWER PLANTS

José Rodrigo Santana Pinho (1); Luís Bitencourt Jr. (2); Nívea Gabriela B. de Albuquerque (2); Giorgiana Pinheiro (3); Márcio Santos Barata (4); Remo Magalhães de Souza (5);

(1) Eng^o Civil, Mestrando PPGEC/UFGA,
email: jrodrigo@ufpa.br

(2) Acadêmicos do curso de Eng^a Civil da UFGA, email:
luis@ufpa.br / nivea@ufpa.br

(3) Eng^a Civil, Eng. REDE CELPA, M.Sc. pela PUC-Rio.,
email: giorgiana.pinheiro@redcelpa.com.br

(4) Eng^o Civil, Prof. da FACL, Doutorando UFGA,
email: msb@amazon.com.br

(5) Eng^o Civil, Prof. do PPGEC/UFGA, Ph.D. por UC Berkeley,
email: remo@ufpa.br

NICAE/DEC/CT/UFGA - Edifício do Centro Tecnológico, salas 232, 234 e 236 –

Campus Universitário do Guamá – Profissional

Av. Augusto Corrêa, no 01, Guamá, Belém-PA, CEP: 66075-900, <http://www.ufpa.br/nicae>

Resumo

A maioria dos serviços de reparos em estruturas de concreto são realizados sem a devida preocupação com a compatibilidade entre o substrato e o reparo, o que pode ser determinante para o baixo desempenho do mesmo. Neste trabalho avaliou-se a aderência de materiais cimentícios e à base de resinas acrílicas e epoxídicas visando à utilização como reparo no concreto dos tubos de sucção de usinas hidrelétricas. Em geral as regiões dos tubos de sucção apresentam elevada umidade, o que influencia negativamente o desempenho dos reparos, principalmente os de adesivos epóxis. A pesquisa, mais especificamente, refere-se ao problema de erosão do concreto existente no tudo de sucção da UHE Curuá-Una, localizada na Região Noroeste do estado do Pará. Neste trabalho foi realizado o estudo de quatro tipos de pontes de aderência, são eles: a) uma pasta cimentícia sem adição mineral; b) uma resina acrílica para superfícies úmidas; c) duas resinas à base de epóxi, sendo uma para aplicação sobre superfície seca e a outra um *primer* selador para superfícies úmidas. Como metodologia, optou-se pela confecção de corpos-de-prova (cp's) cilíndricos de concreto de 10x20 cm, cortados a uma inclinação aproximada de 60° com a horizontal. As pontes foram aplicadas com o substrato apicoado, saturado, úmido e limpo. Logo após a aplicação da ponte foram complementadas (moldadas in loco) as partes restantes de cada corpo-de-prova. Foram confeccionados 6 cp's de 10x20 cm para cada material, sendo que três destes eram para a ruptura por compressão axial aos 3 dias de idade e 3 aos 28 dias. Os resultados de ruptura foram analisados e discutidos, indicando o bom desempenho geral da pasta cimentícia, muito superior aos demais adesivos epóxis e resina acrílica, nesta situação de elevada umidade. Ainda, os resultados demonstram o baixo desempenho destes adesivos, inclusive os indicados para aplicação em superfícies úmidas.

Palavras-Chave: Reparos; Concreto; Usinas Hidrelétricas

Abstract

Many repairs in concrete structures are executed without the proper concern about the compatibility between the concrete substrate and the repair materials, which may cause the failure of the procedure. In the present work, the bond properties of cementitious materials, epoxy based materials and acrylic resins were evaluated, considering their use as repair materials for the concrete in draft tubes of hydroelectric power plants. In general, those regions present a high relative humidity, which considerably influences the performance of the repairs, especially regarding epoxy adhesives. More specifically, this research addresses the erosion problem in the draft tubes of Curuá-Una Hydroelectric Plant, located in the northwest of the state of Pará, Brazil. In this research, the following four different kinds of bond coats were studied: a) a cementitious paste with no mineral admixture; b) an acrylic resin designed for use on wet surfaces; c) two epoxy based resins, one being appropriate for use on dry surfaces, and the other being a sealer primer designed for use on wet surfaces. The tests were carried out using cylindrical samples of 10 cm in diameter and 20 cm height, which were cut in an angle of 60 degrees with the horizontal plane. The adhesives were applied on the substrate, which was previously scarified, saturated (maintaining the surface humid) and clean. Then, right after applying the bond coat, the remaining part of each sample was cast. Six specimens were made for each material, and then tested under compression: three samples were tested at 3 days, and the other three were tested at 28 days.. The results were analyzed and discussed, indicating a better general performance for the cementitious paste, in comparison to the epoxy based adhesives and acrylic resin, in this situation of high humidity. Furthermore, the results have demonstrated low performance for these adhesives, including the ones indicated for humid surfaces by the manufacturer.

Keywords: Repairs; Concrete; Hydroelectric Power Plants

1 Introdução

A durabilidade das estruturas de concreto vem se tornando um dos fatores determinantes nos grandes projetos, como pontes, barragens e outras obras ditas especiais. Em geral, pretende-se prolongar a vida útil destas estruturas de modo que elas possam gerar mais benefícios e, a longo prazo, não apresentar problemas que comprometam a sua utilização.

Este artigo apresenta parte dos resultados experimentais de uma dissertação de mestrado, referentes a uma das atividades do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da REDE CELPA, (BARATA & DE SOUZA, 2002), desenvolvido pela Universidade Federal do Pará.

1.1 Considerações sobre a aderência de reparos em estruturas de concreto

Na consolidação de um reparo em uma estrutura de concreto, vários fatores de ordens técnica e financeira devem ser considerados para uma decisão apropriada. Além da resistência mecânica satisfatória para o nível de solicitação ao qual o reparo será exposto, ele deve ser solidário o suficiente para garantir aderência e transmissão de tensões necessárias para o substrato. Vários autores (ACI 210, 1987; MAILVAGANAM, 2004; ANDRADE PERDRIX, 1992; MIRZA & DURAND, 1994) atentam para uma compatibilidade de deformações entre as fases reparo e concreto “velho”, evitando o surgimento de fissuras ou mesmo microfissuras na interface de aderência entre as fases supracitadas. Deste modo, seriam proporcionadas boa transmissão de tensões e aderência necessárias para o correto funcionamento do sistema de reparo.

A aderência entre o concreto do substrato e o reparo depende de características comuns entre ambos, entre elas o módulo de elasticidade e o coeficiente de dilatação térmica. Quando solicitados ou por esforços mecânicos ou por variação da temperatura ambiente, reparos que não possuem valores similares dessas propriedades em relação ao concreto do substrato provocam um acúmulo de tensões na zona de contacto entre ambos, possibilitando possíveis falhas dos sistemas de reparo (MAILVAGANAM, 2004).

2 Materiais utilizados

O concreto utilizado no programa experimental foi dosado para a resistência de dosagem aos 3 dias (f_{c3}) igual a 50 MPa com a utilização de cimento de alta resistência inicial CP V – ARI; o agregado miúdo empregado foi um areia quartzosa fina muito comum na região; o agregado graúdo foi uma brita calcária de graduação 1, com formato cúbico. Utilizou-se água potável da estação de tratamento da UFPa e aditivo superplastificante de policarboxilato, com densidade de 1,067 a 1,07 Kg/dm³ e teor de sólidos de 28,5 a 31,5%. Seu teor de utilização varia de 0,5% a 1,0% do peso de aglomerante (cimento), de acordo com o seu fabricante. A dosagem utilizada foi 1:0,80:1,58:0,25:0,85% (cimento:areia:brita:a/aglom:% de superplastificante em relação à massa de aglomerante). O substrato, quando da ocasião do ensaio, possuía idade bem superior aos 28 dias, portanto, com resistência superior a parte posteriormente moldada como preenchimento do restante do corpo-de-prova.

Cabe ressaltar que os adesivos estudados serão aplicados em superfícies encharcadas, horizontais, verticais e até mesmo no teto; para isso, elas devem ter uma consistência tal que possibilitem o seu uso sob estas condições.

2.1 Pasta cimentícia

A pasta cimentícia utilizada foi composta de cimento CP V - ARI e água em uma proporção de 1:0,20 em peso, respectivamente. Foi utilizado um teor de 0,95% de aditivo superplastificante para que se conseguisse uma boa consistência para aplicação deste material.

A espessura média da camada de pasta aplicada foi de aproximadamente 2,0 mm.

2.2 Adesivo epóxi para superfície seca

Este adesivo consiste em um adesivo estrutural de média fluidez e pega normal, bicomponente, sem solvente e composto de agregados miúdos graduados, podendo ser usado para colagem de vários materiais, inclusive concretos e ancoragem de armaduras.

Embora o material seja de fácil aplicação, a superfície do concreto (substrato) deve estar **seca**, limpa e isenta de agentes contaminantes como óleos ou graxas. O seu uso se justifica pelo bom desempenho deste tipo de material sob substratos úmidos, conforme relata Villalba *et al.* (2002).

O adesivo foi aplicado com o uso de uma espátula, formando uma camada com aproximadamente 2,0 mm de espessura. O seu tempo de manuseio é de aproximadamente 2 horas com temperatura de 25 °C. Deste modo, o material de reparo a ser utilizado deve ser aplicado com o adesivo ainda pegajoso, ou fresco.

A massa específica do material é de 1,7 Kg/dm³. As curas inicial e final ocorrem, respectivamente, em 24 horas e 14 dias. As resistências à compressão axial mínimas são, respectivamente, 25 MPa e 60 MPa.

2.3 *Primer* selador de base epóxi para superfície úmida

Segundo a fabricante, este material é um *primer* selador para pisos que retém a umidade ou o vapor de água, eliminando as falhas e o efeito da osmose ou elevada umidade em pisos industriais, podendo ser utilizado em superfícies de concreto em geral.

Este material é comercializado na forma de dois componentes: a base e o endurecedor. Ele deve ser homogeneizado com a adição do endurecedor ao recipiente da base em baixa rotação (400 a 500 rpm). Sua aplicação é realizada com rolo de lã de carneiro ou com vassourões de pêlo. Deve ser executada uma 1ª demão e em seguida uma 2ª demão, e posteriormente deve ser aplicado o revestimento com o adesivo (2ª demão) pegajoso.

O consumo aproximado deste material é de 0,35 Kg/m².

2.4 Resina acrílica

A principal função deste material é de adesivo para argamassas e concretos. Esta resina consiste em uma emulsão acrílica de cor branca, constituída de aditivos especiais, monocomponente, desenvolvido para aplicações internas e externas e como redutor de retração para argamassas e concretos. Pode ser aplicado em reparos em paredes e tetos. O fabricante cita que é um produto resistente à umidade e não reemulsiona, apresentando ótima aderência ao concreto e aumentando a coesão das argamassas.

Para aplicação como ponte de aderência, o produto pode ser aplicado **puro** sobre o substrato ou como uma pasta acrílica composta, em volume, de 1 parte de água limpa, 1 parte do produto e 3 partes de cimento Portland comum.

O seu consumo aproximado como ponte de aderência é de 0,10 a 0,20 l/m².

Neste estudo empregou-se o produto puro, sem adições de água ou cimento.

3 Metodologia experimental

3.1 Método de ensaio

O método de ensaio proposto consiste, resumidamente, da aplicação de adesivos em uma superfície inclinada – em 60° com a horizontal – de corpos-de-prova (cp's) cilíndricos de 10x20 cm, com posterior preenchimento do restante dos cp's. Após isso, os cp's são ensaiados à compressão axial. Este teste é conhecido internacionalmente como *slant shear test* e fora usado por Cabrera & Al-Hasan (1997). No Brasil é conhecido por teste de compressão-cisalhamento de corpo-de-prova reconstituído por junta diagonal (Garcia & Clímaco, 2001) ou ainda teste de *ponte de aderência*.

O ensaio da avaliação das pontes de aderência teve início com o corte dos corpos-de-prova (cp's) cilíndricos de 10x20cm, moldados de acordo com a NBR 5738/94 – Moldagem e cura dos corpos-de-prova de concreto cilíndricos ou prismáticos, do substrato em um ângulo de 60° com a horizontal, de acordo com a **figura 1**. Em seguida, os cp's tiveram a superfície de contacto (plano inclinado) apicoada manualmente com ponteira ou talhadeira; depois de apicoados, os cp's foram recolocados no tanque de água e foram, então, saturados por, no mínimo, 72 horas; os exemplares permaneceram no tanque até momentos antes da aplicação das pontes. Após a retirada dos cp's do tanque (**figura 2a**), foi realizada a limpeza manual (**figura 2b**) com água e escova de aço para retirada do material solto e quaisquer impurezas que poderiam vir a prejudicar a aderência. Antes da aplicação das pontes, as superfícies dos espécimes eram encharcadas numa tentativa de simular as condições de aplicação na UHE de Curuá-Una. A seguir, aplicaram-se as pontes de aderência no plano inclinado e imediatamente após, com os adesivos ainda no estado fresco, ou pegajoso, foi aplicado um concreto similar ao inicial que não tinha nenhuma adição de pozolana, porém com aditivo superplastificante. A resistência de projeto era de cerca de 50 MPa aos 3 dias de idade, de modo que se pudesse avaliar as pontes de aderência até uma resistência considerada satisfatória (50 MPa) às primeiras idades (3 dias).

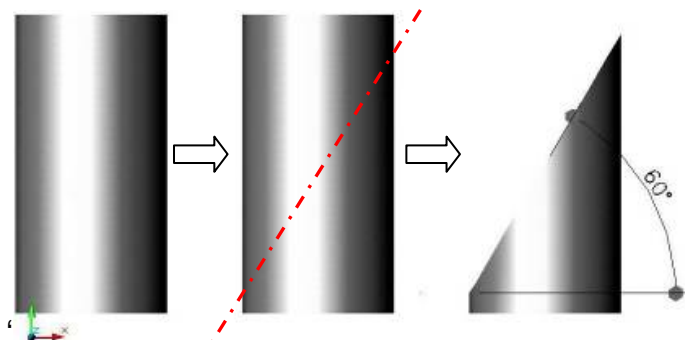


figura 1 – Seqüência de preparação dos corpos-de-prova para o ensaio de ponte de aderência. Vista Lateral.

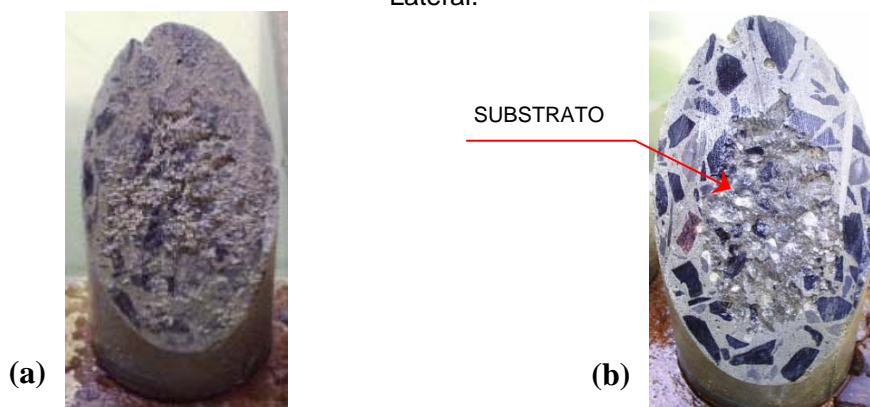


figura 2 – (a) Cp's de 10x20 cm cortados, retirados do tanque, antes da limpeza com escova de aço. (b) Aspecto do cp após limpeza com escova de aço e água, evidenciando o apicoamento.

Os exemplares foram ensaiados de acordo com a NBR 5739/94 – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto, aos 3 e 28 dias de idade, sendo que, para cada idade, foram moldados 3 cp's. Na **Tabela 1**, apresentam-se os materiais que compuseram as pontes de aderência e a quantidade de corpos-de-prova usados neste ensaio.

Tabela 1 – Pontes de aderência dos diversos sistemas de reparo e materiais constituintes. **Erro! Vínculo não válido.**

Para cada “betonada” foram moldados três corpos-de-prova de referência, para cada idade, obtendo-se as respectivas médias dos valores de resistência à compressão axial e comparando estes resultados com os valores dos cp's combinados, Assim, doze espécimes de referência foram moldados, ao todo.

A pasta cimentícia sem adição de pozolana (**figura 3a**) e o adesivo epóxi para superfície seca foram aplicados com espátula de aço (**figura 3b**) e os adesivos acrílico (**figura 3c**) e epóxi (**figura 3d**) para superfícies úmidas segundo recomendação do fabricante.

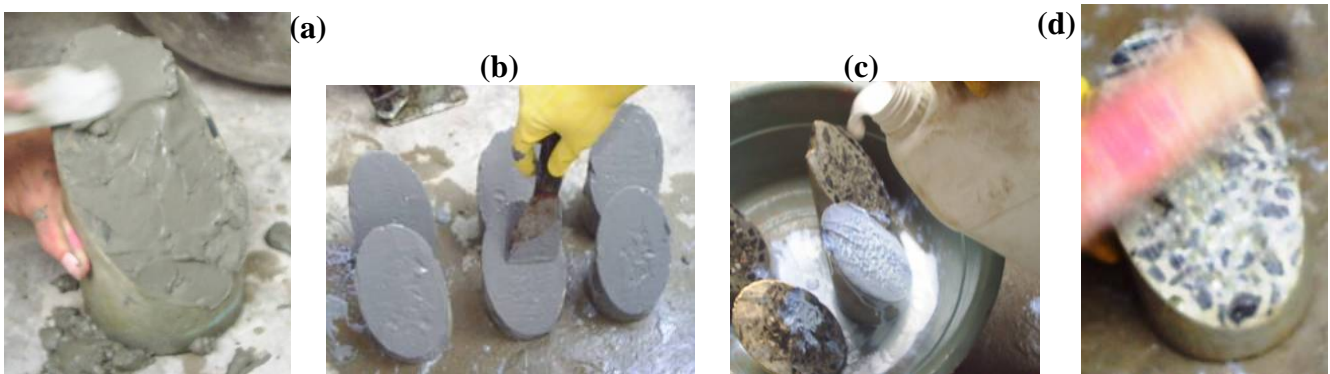


figura 3 – Aplicação das pontes de aderência: (a) pasta cimentícia, (b) epóxi para aplicação em superfícies secas, (c) resina acrílica e (d) epóxi para superfícies úmidas.

Logo após a aplicação dos adesivos, os cp's foram recolocados nas fôrmas metálicas e foi realizada a moldagem com auxílio de um vibrador de imersão conforme ilustram as **figura 4a e 4b**.

Após cerca de 15 horas do término da moldagem, os cp's eram desmoldados e colocados em câmara úmida e lá permaneciam até o dia do ensaio.

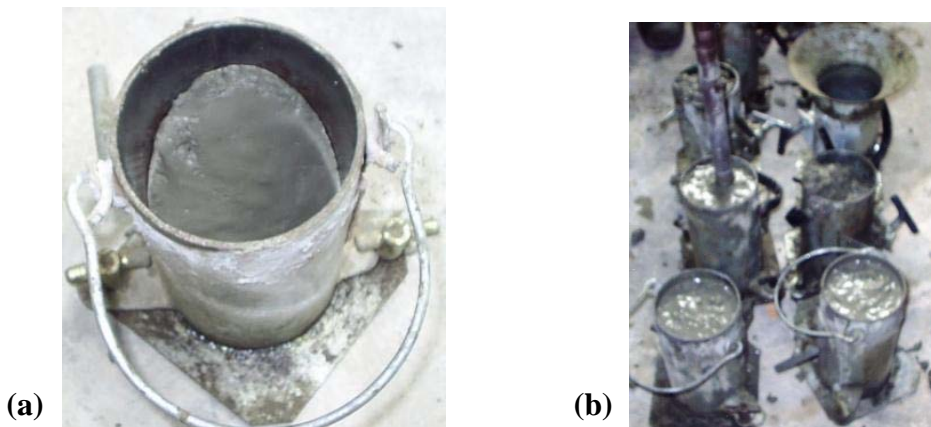


figura 4 – Procedimentos de moldagem dos cp's: (a) cp's colocados nas fôrmas para preenchimento (b) adensamento dos cp's com vibrador de imersão.

4 Análise de resultados

Como apresentado anteriormente, o ensaio de ponte de aderência serve para avaliar a eficiência dos materiais utilizados na adesão entre o concreto do substrato e o reparo. Para isto, compara-se a resistência obtida nos corpos-de-prova preparados conforme explicado no item 3.1 (cortados e colados) com os cp's íntegros moldados como referência, de acordo com a NBR 5738/94, para resistência às idades de 3 e 28 dias. Assim, considera-se que o adesivo utilizado promoveu aderência satisfatória se valores de resistências dos cp's da referida ponte forem cerca de 90% ou superior aos valores do concreto de referência, segundo Kriegh (1976) *apud*. Garcia & Clímaco (2001). Nesta análise, o autor supracitado acredita que para tais valores a resistência de adesão é satisfatória e a ruptura ocorre de modo monolítico, ou seja, o substrato, o sistema de aderência e o concreto novo, similar ao substrato comportam-se como um único material. Deste modo, a aderência na junta é maior que a tensão de ruptura no concreto.

A dificuldade para elaboração e utilização de materiais que preencham os requisitos de aderência e consistência, para a execução na UHE de Curuá-Una, vem da necessidade de certas características para aplicação, pois o substrato se encontra bastante úmido e pode ser necessário a realização de aplicações inclusive em tetos (sobre-cabeça). Portanto, o estudo da aderência e dos materiais que a promovem é tão importante para o reparo quanto a sua própria resistência ao desgaste, principal ação

mecânica atuante no revestimento do tubo de sucção da referida UHE. A **Tabela 2** fornece a média dos valores de resistências à compressão axial obtidos para cada adesivo, para as idades de 3 e 28 dias.

Tabela 2 – Resistências médias dos espécimes às idades de 3 e 28 dias.

ADESIVOS TESTADOS	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)			
	Aos 3 dias de idade		Aos 28 dias de idade	
	Pontes de aderência	Referência	Pontes de aderência	Referência
Pasta cimentícia 0% de adição de pozolana.	37,52	45,55	42,50	47,90
Adesivo epóxi para superfície seca.	21,80		25,82	
Primer epóxi para superfície úmida.	12,64		19,95	
Resina acrílica para superfície úmida	17,59		17,88	

A evolução das médias das resistências à compressão axial dos espécimes cortados encontra-se na **figura 5**, onde nota-se que, na média, todos os exemplares, à exceção dos compostos com resina acrílica para superfícies úmidas, obtiveram aumento de resistência à compressão com o aumento da idade de 3 aos 28 dias. Observa-se, também, que a resistência média já aos 3 dias de idade dos cp's da pasta cimentícia foi superior às resistências aos 28 dias dos exemplares dos materiais industrializados. Restringindo a comparação apenas entre estes materiais industrializados, ocorre algo similar com o epóxi para superfícies secas quando comparado aos dois restantes.

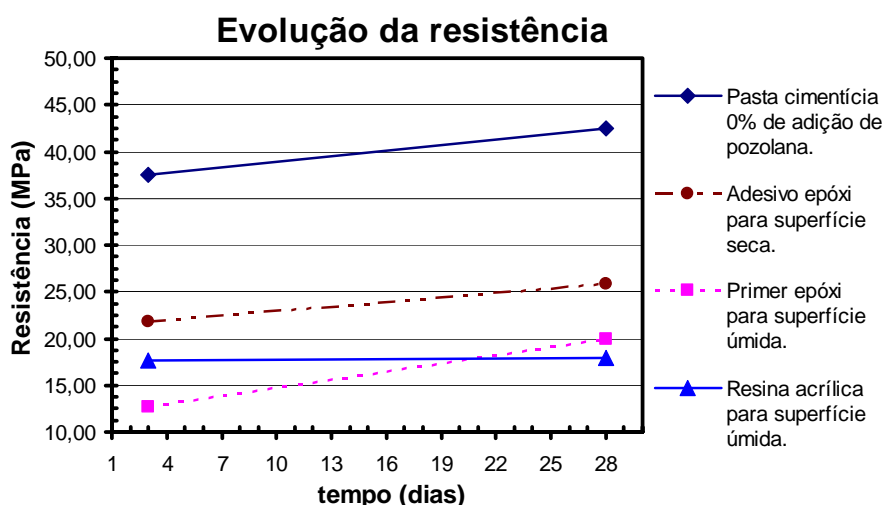


figura 5 – Evolução da resistência média em função do tempo, para os cp's colados.

A ruptura dos espécimes ocorreu *sempre* na junta de adesão, o que caracteriza que nenhuma das pontes de aderência utilizadas promoveu resistência de adesão igual ou superior à resistência dos concretos que elas uniam. A **figura 6** apresenta os cp's rompidos com 3 dias de idade, evidenciando a ruptura na junta diagonal. Analisando a forma de ruptura dos exemplares, percebeu-se que o descolamento (ruptura) ocorria sempre entre a pasta adesiva e o concreto velho, ou substrato, que se encontrava apicoado e encharcado (ver **figura 2a**). Esta condição foi bastante significativa no desempenho dos adesivos epóxi e acrílico, afetando-o negativamente.



figura 6 – Espécimes dos dois adesivos epóxi e da resina polimérica, rompidos aos 3 dias, demonstrando ruptura na junta, especialmente entre o concreto do substrato e o adesivo.

A **figura 7** compara as resistências médias obtidas pelos corpos-de-prova colados através das pontes de aderência com a resistência média do concreto de referência, para as idades de 3 e 28 dias. Nota-se, primeiramente, que nenhum dos materiais obteve resistência igual aos cp's íntegros, de referência. Vale ressaltar que a resistência aos 28 dias de idade destes apresentou pequeno aumento de resistência, sendo que aos 3 dias de idade a resistência era aproximadamente 95% desta referida grandeza aos 28 dias. Desempenho análogo foi observado na pasta cimentícia, onde a resistência aos 3 dias foi cerca de 88% do valor aos 28 dias. Este comportamento pode ser explicado pelo uso do cimento de alta resistência inicial CP V - ARI e pela baixa relação água/cimento desses materiais.

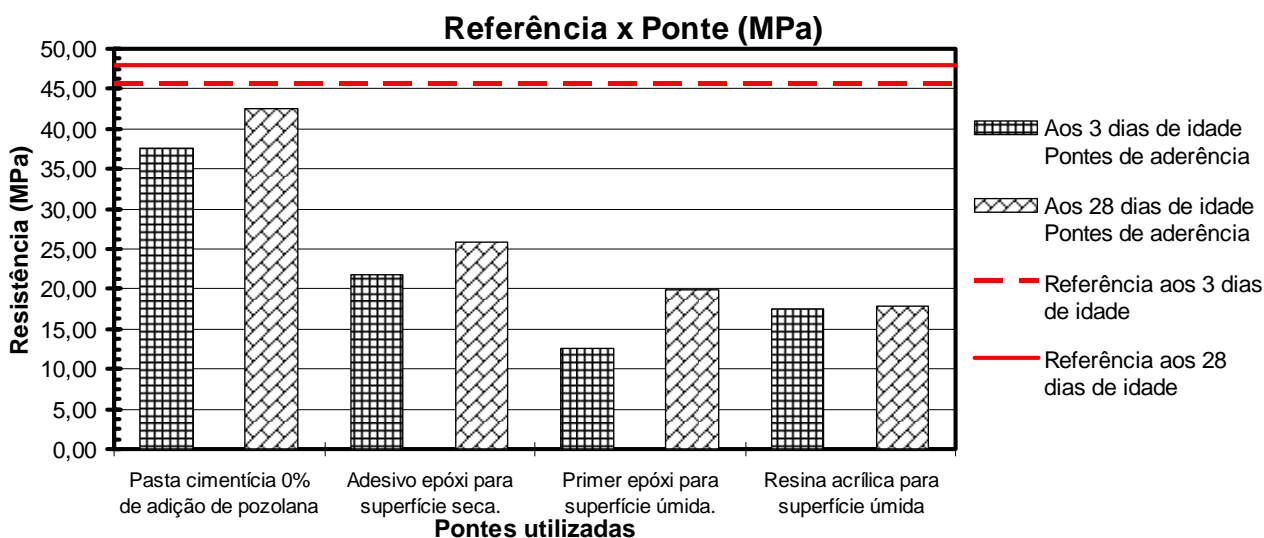


figura 7 – Comparação das resistências dos concretos de referência com as obtidas pelas respectivas pontes de aderência realizadas, para as idades de 3 e 28 dias.

Para uma avaliação mais precisa da eficiência dos adesivos aqui estudados, fez-se uso da porcentagem, sendo que o valor alcançado pelo concreto de referência, em determinada idade foi considerado como 100%. A **Tabela 3** apresenta os valores dessa relação e a **figura 8** ilustra o desempenho aos 3 e 28 dias das pontes confeccionadas.

Tabela 3 – Eficiência média dos exemplares, em porcentagem, aos 3 e 28 dias.

ADESIVOS TESTADOS	Eficiência, em porcentagem			
	Aos 3 dias de idade		Aos 28 dias de idade	
	Pontes de aderência	Referência	Pontes de aderência	Referência
Pasta cimentícia 0% de adição de pozolana	82,37%	100,00%	88,73%	100,00%
Adesivo epóxi para superfície seca	47,86%		53,90%	
Primer epóxi para superfície úmida.	27,75%		41,65%	
Resina acrílica para superfície úmida	38,62%		37,33%	

Da **Tabela 3** constata-se que todos os valores de resistência das pontes de aderência foram inferiores aos do concreto de referência. Assim como na análise das resistências, o melhor desempenho verificado foi da pasta cimentícia, a qual resultou em cerca de 82% e 89% da resistência do concreto de referência, para as idades de 3 e 28 dias, respectivamente. Tais dados são animadores, pois, apesar de estarem abaixo do nível de 90% estabelecido por Kriegh (1976) apud. Garcia & Clímaco (op. cit.), comprovam que o adesivo cimentício comportou-se muito bem frente às condições encontradas no substrato (encharcado). Dada à proximidade dos valores (89% - 90%), pode-se dizer que, aos 28 dias, a pasta cimentícia sem adição de qualquer pozolana estabeleceu aderência satisfatória entre o substrato e o concreto novo.

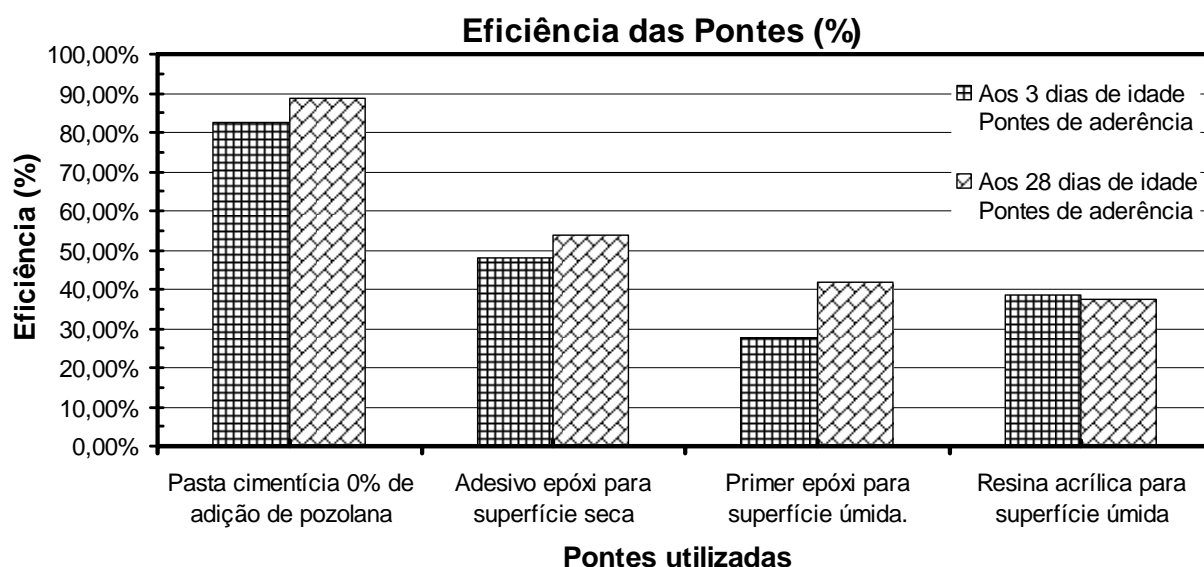


figura 8 – Eficiência das pontes de aderência em relação ao respectivo concreto de referência, em porcentagem.

Na **figura 8** comprova-se que o desempenho da pasta cimentícia foi bem superior aos demais, em todas as idades estudadas. Novamente, o adesivo epóxi para superfícies secas apresentou o melhor desempenho, aos 3 e 28 dias, entre os materiais epóxi e acrílico, alcançando cerca de 48% e 54% de eficiência, respectivamente às idades mencionadas. Aos 3 dias de idade, o pior desempenho foi do *primer* epóxi para superfícies úmidas com apenas 28%, aproximadamente. Aos 28 dias, o adesivo menos eficiente foi a resina acrílica para superfícies úmidas, ocorrendo, inclusive redução na sua eficiência em relação à mesma com 3 dias de idade. Isto se deve ao fato de que a resistência deste material praticamente não progrediu no período de 3 a 28 dias. Como a

resistência do concreto de referência aumentou neste intervalo de tempo, a eficiência da referida ponte foi reduzida ao patamar de 37%, aproximadamente.

Essa ineficiência dos materiais industrializados pode ser explicada pelas condições em que se encontravam os substratos: saturados e com a superfície bastante úmida. Sabe-se, também, que há diferenças entre os módulos de elasticidade desses materiais e do concreto, o que pode ter influenciado negativamente o desempenho destes adesivos. Estes fatos não foram constatados para a pasta cimentícia, que se comportou de maneira satisfatória sob as condições supracitadas e ainda apresenta um módulo de elasticidade próximo ao do concreto do substrato.

5 Considerações finais

Em geral, as resistências dos cp's colados pelos adesivos estudados aumentou com a idade, bem como a resistência do concreto de referência, comportamento este já esperado. O mesmo não se pode afirmar das eficiências, em relação ao tempo, já que o desempenho da resina acrílica aos 28 dias foi aquém do obtido aos 3 dias.

Todas as rupturas ocorreram no plano inclinado, isto é, na junta diagonal de adesão, entre o substrato e o adesivo, ressaltando, desta maneira, a importância das condições de aplicação da ponte. Logo, uma correta preparação da superfície que receberá o reparo aumentará a probabilidade de sucesso do mesmo em relação à sua aderência.

Os adesivos industrializados recomendados para uso em superfícies úmidas apresentaram desempenho inferior ao sugerido apenas para superfícies secas. Todos estes adesivos obtiveram desempenhos aquém do considerado satisfatório, possivelmente pela elevada umidade do substrato e pelas já conhecidas diferenças entre seus módulos de elasticidade.

Por outro lado, o desempenho da pasta cimentícia sem adição de qualquer pozolana foi considerado satisfatório aos 3 e 28 dias, apresentando, também, os maiores valores de resistências para cada idade. Isto pode ser atribuído pela afinidade de compostos cimentícios com superfícies molhadas e pela semelhança nos valores de módulos de elasticidade com o concreto do substrato.

A pesquisa se encontra em andamento e ainda serão estudados compostos cimentícios com adição das pozolanas sílica ativa e metacaulim de alta reatividade. Outro adesivo estrutural de base epóxi a ser utilizado em superfícies úmidas será testado, para devida comprovação de seu comportamento.

6 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Moldagem e cura de corpos-de-prova de concreto cilíndricos ou prismáticos. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 7211**: Agregado para concreto: especificação. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **NBR 7217**: Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE – Committee 210. **Erosion of Concrete in Hydraulic Structures**, ACI Materials Journal. Title nº 84-M17, p. 136-157, 1987. March – April.

ANDRADE PERDRIX, Maria Del Carmen. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Carroço de Armaduras**. Trad. e adaptação: Antônio Carmona e Paulo Helene, 1ª Ed. São Paulo, PINI, 1992. Novembro. 104 p. ISBN 85-7266-011-9.

- CABRERA, J. G.; AL-HASAN, A. S. Performance properties of concrete repair materials. **Construction and Building Materials**, Ano 1997, Vol. 11, Nºs 5 - 6. p. 283-290.
- BARATA, M. S, DE SOUZA, R. M. "Desenvolvimento de Novas Tecnologias de Reparo para o Problema de Cavitação e Abrasão no Concreto em Usinas Hidrelétricas", Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento, convênio Universidade Federal do Pará /Fadesp/Rede Celpa.
- CABRERA, J. G.; AL-HASAN, A. S. Performance properties of concrete repair materials. **Construction and Building Materials**, Ano 1997, Vol. 11, Nºs 5 - 6. p. 283-290.
- GARCIA, S. R. A.; CLÍMACO, J. C. T. S. Eficiência da aderência de materiais de reparo para estruturas de concreto. In: 43º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO. **Anais...** Foz do Iguaçu - Paraná – Brasil. 2001. 11 p.
- MAILVAGANAM, Noel P. Concrete repair and rehabilitation: issues and trends. **e-Mat – Revista de Ciência e Tecnologia de Materiais de Construção Civil**, Ano 2004, Vol. 1, Nº 1. p. 1-9. Maio.
- MIRZA, J.; DURAND, B. Evaluation, selection and installation of surface repair mortars at a dam site. **Construction and Building Materials**, Ano 1994, Vol. 8, Nº 1. p. 17-25.
- VILLALBA, P. E. et al. Estudo de argamassas para reparo de estruturas de concreto sujeitas à abrasão, em locais com umidade elevada. **Revista IBRACON**. Ano X, Nº 30, p. 53-66, 2002. ISSN 1415-224X. Julho – Setembro.