



## COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE PROGRAMAS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO NA ANÁLISE DE BLOCOS DE TRANSIÇÃO ASSOCIADOS A ROTAÇÃO DE PILARES

### COMPARISON OF THE PERFORMANCE OF CONCRETE STRUCTURE PROGRAMS IN THE ANALYSIS OF TRANSITION BLOCKS ASSOCIATED WITH PILLARS ROTATION

Isadora B. Diesel (A)(1); Gustavo da C. Borowski (2);

(1) Engenheira Civil, Passo Fundo, Brasil; (2) Dr. Prof., Instituto Federal Sul-rio-grandense, Faculdade de Engenharia Civil, Passo Fundo, Brasil.

Endereço para correspondência: dieselisadora@gmail.com; (A) Apresentador

**Área temática:** Projeto e construção de estruturas.

#### Resumo

A arquitetura, inúmeras vezes, exige o uso de rotação de pilares entre diferentes pavimentos como forma de contornar as limitações por vãos de garagens, circulações ou áreas que necessitam estar com vãos abertos e uma das soluções empíricas é o uso de blocos de transição em concreto armado. O propósito do presente trabalho é avaliar as formas de análise que programas utilizam para dimensionar os blocos de transição, associados à rotação de pilares. O estudo consistiu em simular nos programas TQS e Eberick situações de rotação de pilares entre pavimentos e avaliar as possibilidades de dimensionamentos permitidas pelos programas. Foram simuladas três situações no primeiro programa, sendo apenas com a rotação do pilar, com a simulação da rotação do pilar por bloco de fundação análogo ao bloco de transição e com o pilar rotacionado e a utilização de um bloco de transição. No caso do segundo programa foram avaliadas apenas as duas primeiras configurações pois não existe a funcionalidade do bloco de transição no mesmo. Assim, no total foram estudadas cinco possibilidades distintas e se constataram abordagens diferentes entre os dois programas, com inconsistências em armaduras, demonstrando ainda a falta de normatização e de mais estudos sobre o tema e que os programas analisados ainda carecem de aprimoramento ou inclusão dessa funcionalidade para que sejam utilizados com segurança pelos engenheiros.

*Palavras-chave:* rotação de pilares, blocos de transição.

#### Abstract

The architecture, many times, requires the use of rotation of pillars between different floors, empirically solved with the use of transition blocks in reinforced concrete. The purpose of the present work is to evaluate the forms of analysis that programs use to dimension the transition blocks, associated with the rotation of pillars. The study consisted of simulating situations of column rotation between floors in the TQS and Eberick programs and evaluating the design possibilities allowed by the programs. Three situations were simulated in the first program, being only with the column rotation, with the simulation of the column rotation by a foundation block analogous to the transition block and with the column rotated and the use of a transition block. In the case of the second program, only the first two configurations were evaluated because there is no transition block functionality in it. Thus, in total, five different possibilities were studied and different approaches were found between the two programs, with inconsistencies in reinforcements, demonstrating the lack of standardization and more studies on the subject and that the analyzed programs still lack improvement or inclusion of this functionality. to be used safely by engineers.

*Keywords:* rotation of pillars, transition blocks.



## 1. INTRODUÇÃO

Normalmente os projetistas estruturais tendem a localizar pilares posicionando de acordo com a arquitetura dos edifícios. Em casos específicos surge dificuldade em ter o mesmo posicionamento dos pilares em todos os pavimentos, exemplo disso é ao ajustar os pavimentos tipos e ter um desalinhamento nas garagens ou vice-versa. Em alguns casos a solução seria o uso de rotação de pilares, com sentido alterado apenas em alguns pavimentos.

Profissionais da área normalmente estruturam o chamado de bloco de transição descarregando os esforços do pilar com seção  $A \times B$ , carregando o bloco de transição e carregando o pilar abaixo da seção  $B \times A$ . Análogo ao bloco de fundação, o sistema de bloco de transição é um método empírico. Contudo não tem normatização sobre o uso desse sistema estrutural e grande escassez bibliográfica do assunto, muitas vezes tendo que abdicar de projetos arquitetônicos por causa do desconhecimento de normas e uso de rotação de pilares.

Mesmo com a similaridade entre as estruturas de ligação de pilar para bloco para pilar e pilar para bloco para fundação necessitam-se estudos aprofundados sobre, pois a configuração dos esforços ao longo dos blocos reúne informações das diversas situações e condições a qual o bloco fica exposto. O conhecimento sobre a forma com que programas estruturais baseiam-se para o cálculo estrutural da rotação de pilares é de suma importância para melhor entendimento da estrutura como um todo, e prevenção a rupturas indesejáveis.

Tendo como objetivo geral estudar os procedimentos de dimensionamento empregados para a rotação de pilares em estruturas de concreto armado, utilizando blocos de transição com analogia a blocos de fundação. Portanto se faz necessário avaliar a analogia do bloco de transição de pilar com bloco de fundação, analisar a forma de dimensionamento utilizada por programas de cálculo.

## 2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da metodologia foi proposto um projeto padrão. O protótipo baseou-se em uma malha com nove pilares e seis vigas, composto por três pavimentos com pé direito de 3,2 metros, sendo eles: térreo, tipo e teto. A distribuição foi realizada conforme a Figura 1.

Como critério de projeto foram adotadas dimensões de 25 cm x 40 cm para os pilares de borda, e 25 cm x 70 cm para o pilar a ser rotacionado. Os pilares estão distribuídos com distância de 4 metros de eixo a eixo nas extremidades. As vigas em ambos os pavimentos tem dimensões de 14 cm x 30 cm, exceto as vigas V2 e V5, que tem dimensões de 25 cm x 40 cm, sendo que todas estão rotuladas em suas extremidades aos pilares. Ressaltando que não foram colocadas lajes no projeto padrão por critério de projeto. O pilar rotacionado é travado por vigas em ambas as faces.

No pavimento teto, foram adicionadas cargas concentradas aos pilares das extremidades com valor de 750 kN e de 1500 kN para o pilar central, simulando cargas médias encontradas em prédios residenciais com cerca de 10 a 15 pavimentos, aproximando o projeto padrão as condições encontradas em um projeto real.

Seguindo do projeto padrão, foram concebidas estruturas para análise nos programas Eberick (AltoQi, 2018) e TQS (TQS, versão 22.6, 2022), analisando as seguintes situações que podem ser resumidas também na Figura 2.

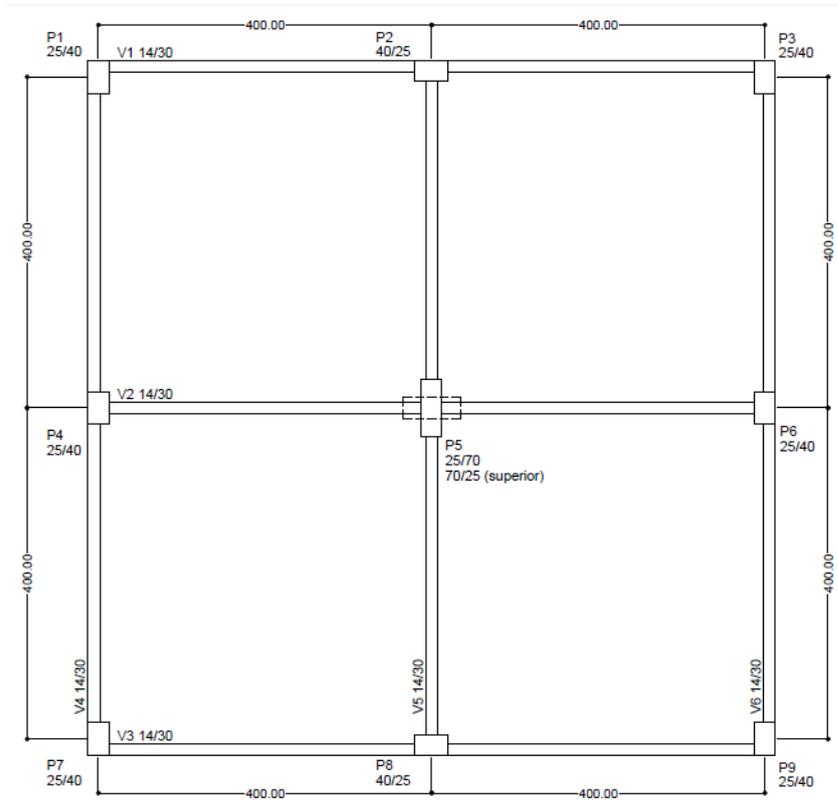


Figura 1. Planta de forma do projeto padrão.

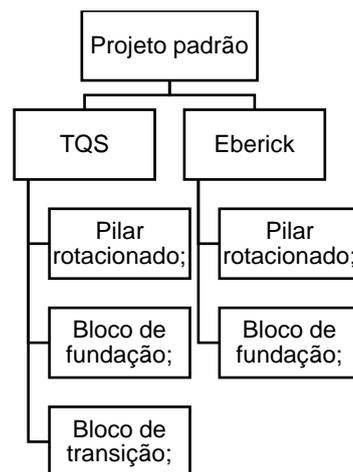


Figura 2. Representação da metodologia em fluxograma.

- TQS – Pilar rotacionado: apenas pilar rotacionado no pavimento tipo, conforme Figura 3(A);
- TQS – Bloco de fundação: simulação da rotação do pilar por bloco de fundação análogo ao bloco de transição, conforme Figura 3(B);



- TQS – Bloco de transição: pilar rotacionado e utilização de um bloco de transição, conforme Figura 3 (C);
- Eberick – Pilar rotacionado: apenas pilar rotacionado no pavimento tipo;
- Eberick – Bloco de fundação: simulação da rotação do pilar por bloco de fundação análogo ao bloco de transição;

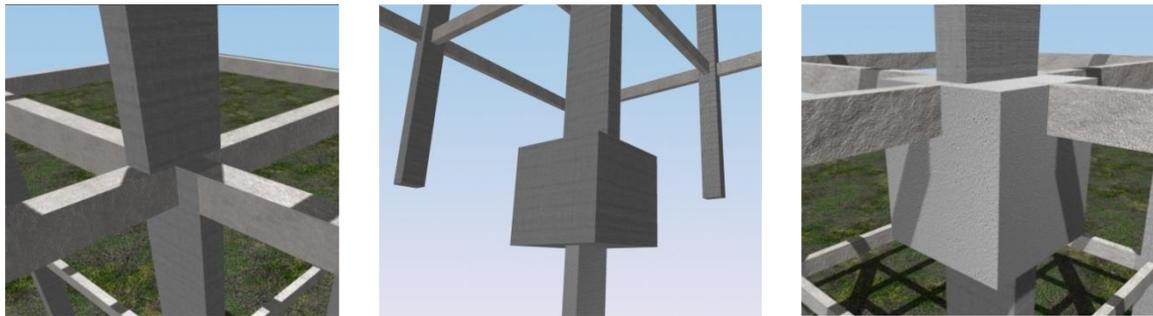


Figura 3. (A) Pilar rotacionado; (B) Bloco de fundação; (C) Bloco de transição.

Após a realização das devidas simulações já apresentadas, foi realizada análise dos resultados de forma descritiva e comparativa, avaliando e comparando as armaduras resultantes de cada situação simulada.

### 3. RESULTADOS

Na simulação com o TQS – Pilar rotacionado, com a estrutura de acordo com o projeto padrão, contando com os pilares, as vigas e as cargas concentradas como descrito anteriormente. O pilar P5 foi rotacionado a partir do pavimento tipo, tendo a mesma seção do térreo, porém, a 90° no eixo do pilar e travado pelas vigas V2 e V5. O programa neste caso coloca uma faixa com a seguinte mensagem: “Variação brusca de seção entre lances” (TQS, versão 22.6, 2022). Entretanto apesar de ter a mensagem de aviso ele sugere a armadura a ser utilizada conforme carga proveniente da estrutura. Também se realizou a verificação das vigas V2 e V5, que por sua vez tem contato direto com o P5. Analisando as vigas, pode-se constatar que as mesmas não sofrem influência decorrente da rotação do pilar, pois a distribuição de armaduras considera apenas os momentos fletores e forças cortantes de cargas convencionais aplicadas as vigas.

No estudo de caso referente ao bloco de fundação no TQS, com estrutura designada conforme projeto padrão, tendo lançamento dos pilares, das vigas e das cargas concentradas, o mesmo não sofre alterações nos pilares, utilizando bloco de fundação para o Pilar P5, análogo a sistemática de bloco de transição, consistindo em um bloco com dimensões de 120 cm x 120 cm com uma altura de 120 cm. Justaposto ao bloco há uma estaca retangular, com ângulo de 90° ao eixo do pilar P5, porém o programa não aceita edição do tamanho da estaca que possui dimensões de 50 cm x 20 cm. O resultado da armadura do P5 não rotacionado tem armadura tradicional referente aos esforços solicitantes, bem como a armadura do bloco.

Seguindo novamente o projeto padrão, com todos os elementos, pilares, vigas e cargas concentradas, foram realizados a rotação do P5 novamente. O pilar manteve as mesmas seções e distribuição da armadura da análise TQS – Pilar rotacionado. Entretanto nessa análise foi



construído um bloco de transição, posicionado no pavimento tipo. Esse bloco de transição possui dimensões de 100 cm x 100 cm x 120 cm, base, largura e altura respectivamente. A armadura foi gerada através do uso da calculadora do TQS, a qual apresenta os dados de entrada mostrados na Figura 4.

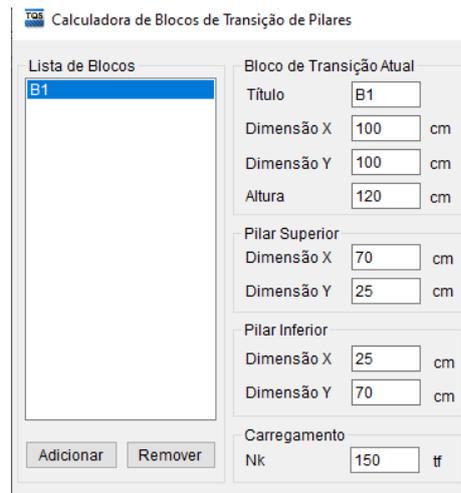


Figura 4. Calculadora TQS: bloco de transição de pilares.

Na calculadora são inseridas as informações de seção do bloco e do pilar rotacionado além do seu carregamento. Como resultado, obteve-se as seguintes armaduras quando dimensionado, mostrada na Figura 5. O Bloco de transição gerou uma armadura considerando apenas o carregamento de força normal e a geometria do bloco.

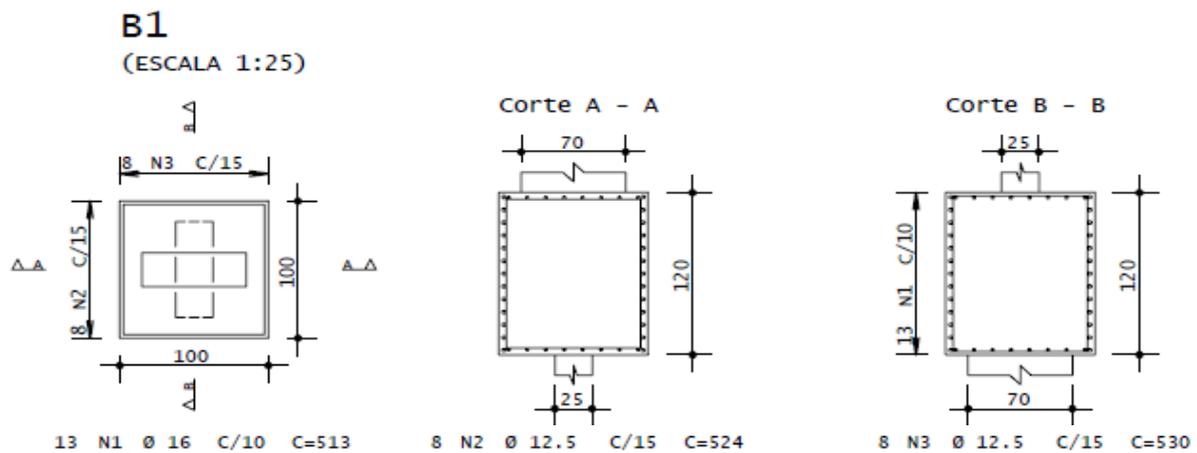


Figura 5. B1: detalhamento bloco de transição.

Com a mesma base de projeto padrão, porém utilizando o software Eberick, posto os pilares, as vigas e as cargas concentradas, foi gerada a estrutura padronizada. Posteriormente rotacionado o pilar P5 no pavimento tipo, com seção equivalente, porém rotacionada 90° do eixo do pilar. Com as vigas V2 e V5 como travamento da estrutura rotacionada. Os resultados da



armadura do pilar rotacionado pelo Eberick 2018 estão apresentados na Figura 6.

Portando como se pode perceber, o Eberick 2018 gera a armadura, porém com um aviso de “Posição inválida da seção superior”. A viga V2, obteve armadura análoga à viga de transição, como se exemplifica na Figura 7, não sendo possível obter armadura com o tamanho do projeto padrão que era de 25 cm x 40 cm, passando a ter dimensões de 30 cm x 70 e uma armadura robusta. Entretanto a V5 obteve armadura convencional perante os esforços da estrutura.

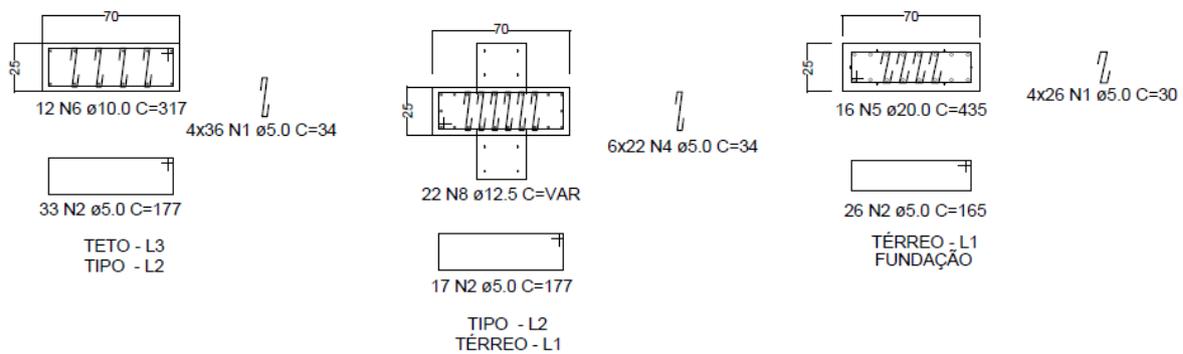


Figura 6. P5: detalhamento armadura pilar rotacionado.

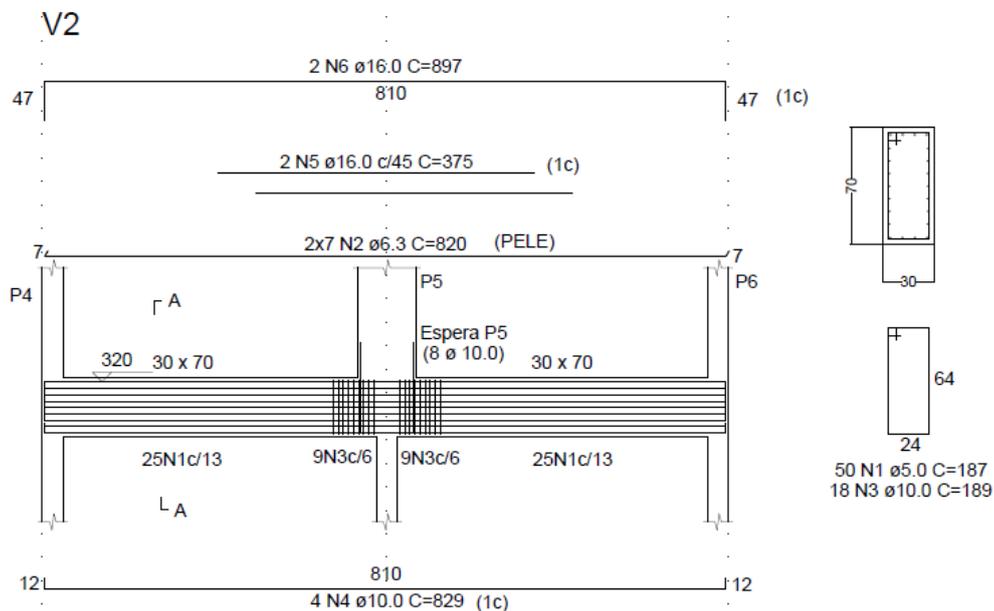


Figura 7. V2: detalhamento armadura viga.

Novamente executando a estrutura padrão com o Eberick, foi lançado os pilares, vigas e cargas concentradas, de acordo com critérios estabelecidos, e então, no pilar P5 a inserção de um bloco de fundação com estaca retangular, B5. O resultado do bloco de fundação foi deverás satisfatório, pois gerou armadura mesmo rotacionando a estaca.

Ao comparar os programas TQS e Eberick, ambos destinados a resolução de projetos estruturais, como apresenta a Tabela 1, percebe-se peculiaridades distintas dos mesmos.



Estabelecendo os mesmos critérios, projeto padrão, cargas concentradas, constata-se uma diferença de armadura significativa, embora ao averiguar as mensagens dos programas quando rotacionado o pilar, tem-se uma semelhança ao tentar informar ao usuário sobre a questão da seção não ser prumada em ambos os pavimentos.

Tabela 1. Análise comparativa diferenciando itens analisados no TQS e Eberick.

Análise		TQS	Eberick	Diferença
Pilar rotacionado	Pilares	10 $\Phi$ 10 em todos os lances (armadura principal) Variação brusca de seção entre lances	12 $\Phi$ 10 lance 3 22 $\Phi$ 12.5 lance 2 16 $\Phi$ 20 lance 1 (armadura principal) Posição inválida da seção superior.	Eberick apresenta mais que o dobro de armadura para o mesmo carregamento.
	Vigas	V2: 6 $\Phi$ 10 V5: 4 $\Phi$ 10 ; 3 $\Phi$ 10. (armadura principal)	V2: 8 $\Phi$ 10; 4 $\Phi$ 16; 14 $\Phi$ 6.3; 4 $\Phi$ 10. V5: 3 $\Phi$ 12.5, 2 $\Phi$ 12.5 (armadura principal)	Eberick gerou a V2 análogo a viga de transição com armadura e seção relativamente maiores que o TQS
	Bloco	Não analisado	Não analisado	-
Bloco de Fundação	Pilares	8 $\Phi$ 12.5 lance 2 e 3; 8 $\Phi$ 20 lance 1; (armadura principal)	12 $\Phi$ 10 lance 3; 6 $\Phi$ 16 lance 2; 8 $\Phi$ 16 lance 1; (armadura principal)	Com armaduras próximas sem grandes diferenças
	Vigas	Não analisado	Não analisado	-
	Bloco	Impossível dimensionar – bloco incompatível com o esforço de flexão	7 $\Phi$ 12.5; 2 $\Phi$ 10; 6 $\Phi$ 10.	TQS não permite que nessa configuração de bloco e estaca os esforços de flexão
Bloco de Transição	Pilares	Não analisado	Não analisado	-
	Vigas	Não analisado	Não analisado	-
	Bloco	13 $\Phi$ 16; 8 $\Phi$ 12.5; 8 $\Phi$ 12.5;	Não analisado	Ferramenta de cálculo disponível apenas no TQS

## CONCLUSÕES

Conclui-se que o TQS ao rotacionar o pilar por mais que gere uma armadura, esta inconsistente quando relacionado seus resultados ao pilar não rotacionado pelo mesmo programa. Por sua vez o Eberick aumenta o fator de segurança ao aumentar bitolas e quantidades. Outra análise concebida com o estudo é de que o TQS não aceita a analogia do bloco de fundação ao bloco de transição, pois o mesmo informa que o esforço de flexão não pode ser absorvido com a estrutura disposta somente com uma estaca. Contrapondo ao TQS, o Eberick gera uma armadura convencional, sugerindo que a analogia está correta. Encerrando o



assunto a calculadora de bloco de transição do pilar rotacionado, gera a armadura, porém está a considerar somente a geometria e a carga normal aplicada no mesmo, não relacionando com esforços de momento e cargas próximas. Contudo conclui-se que o trabalho é de suma importância, sendo necessário aprofundar os estudos, para que as utilizações dos pilares rotacionado tenham uma fundamentação teórica, com embasamento em estudos, protótipos e análises com diferentes situações, para que desta forma, assegure a segurança de obra, não havendo riscos estruturais. Percebe-se também que os softwares de mercado hoje, estão a analisar as situações e até mesmo com inovações na área.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, a minha família, ao Professor Doutor Gustavo da Costa Borowski, ao Instituto Federal Sul-rio-grandense e ao Engenheiro Civil Fernando Wordell.

## **REFERÊNCIAS**

Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 6118 (2014). Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro.

Borowski, G. C. (2018). Estudo experimental e numérico de vigas curtas reforçadas com prfc à força cortante. Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

Guillou, R. A. (2014). Desenvolvimento de um modelo de escoras e tirantes no dimensionamento de blocos de transição entre pilares rotacionados. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Estruturas) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2014.

Guillou, R. A., De Almeida, H. D.; Barboza, A. S. R. (2011). Aplicação do modelo de bielas e tirantes em blocos de concreto armado utilizados na transição entre pilares rotacionados a partir de análises. In: Congresso Brasileiro de Concreto, 53ª, Florianópolis.

Oliveira, L. M. (2009). Diretrizes para projeto de blocos de concreto armado sobre estacas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Guerra, M. B. B. (2017). Modelos de concepção para estruturas em concreto armado com comportamento não linear obtidos pelo método de bielas e tirantes e otimização topológica. Tese (doutorado) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

TQS, versão educacional V22.6, 2022.

Eberick, versão educacional V11, 2022.