

# MÉTODO CONSTRUTIVO DE UMA LAJE DE SUBPRESSÃO NO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA - ESTUDO DE CASO

Padilha, L.C.<sup>1</sup>, Pereira, R.C.R.<sup>1</sup>, Couto, A. B. P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escola Politécnica e de Artes

Pontifícia Universidade Católica

Goiânia-GOÍÁS-Brasil

**RESUMO:** A laje de subpressão é uma estrutura de concreto armado, que é disposta abaixo do nível do solo, a fim de impedir a infiltração da água em uma construção e manter a estanqueidade. Esta estrutura é projetada para ser usada em estruturas submersas e são muito comuns em solos, garagens subterrâneas, estações de tratamento de água, entre outros; são também projetadas para resistir às pressões hidrostáticas causadas pela água do solo. O objetivo principal deste trabalho foi acompanhar o passo a passo do processo executivo “*in loco*” e as principais características do sistema construtivo de uma laje de subpressão em um edifício residencial/comercial no município de Goiânia. Com o estudo concluiu-se a importância da utilização dos aditivos cristalizantes no concreto e a preocupação tanto com a temperatura do concreto, quanto do microclima, para garantir que seja feita uma boa execução.

*Palavras-chaves:* Laje de subpressão, método construtivo, estanqueidade, temperatura, aditivos.

**ABSTRACT:** The subpressure slab is a reinforced concrete structure placed below ground level to prevent water infiltration in a building and maintain waterproofing. Designed for submerged structures, it is commonly used in basements, underground garages, water treatment stations, among others. It is engineered to withstand hydrostatic pressures caused by groundwater. This study aimed to document the on-site execution process and key features of constructing a subpressure slab in a residential/commercial building in Goiânia. The research underscored the significance of using crystalline additives in concrete and emphasized considerations for both concrete temperature and microclimate to ensure proper execution. Proper planning of construction joints, incorporating hydro-expansive tapes, was identified as crucial to prevent water passage in these areas.

*Keywords:* Subpressure slab, construction method, waterproofing, temperature, additives.

## 1. Introdução

A laje de subpressão é uma estrutura de concreto armado, que é disposta abaixo do nível do solo, com o intuito de impedir a infiltração da água em uma construção e manter a estanqueidade. Esta estrutura é projetada para ser usada em estruturas submersas e são muito comuns em subsolos, garagens subterrâneas, estações de tratamento de água, entre outros; são também projetadas para resistir às pressões hidrostáticas causadas pela água do solo [1].

As lajes de subpressão, por serem lajes resistentes às pressões hidrostáticas do lençol freático, acaba sendo uma alternativa mais econômica e de menor impacto ambiental em relação ao tradicional rebaixamento definitivo do aquífero [2], porém sua execução prevê uma metodologia executiva, baseada em aditivos cristalizantes em toda mistura do concreto, utilizando **aditivos redutores de permeabilidade hidrostática**, que tem a função de proteger a armação contra a corrosão; **aditivos superplastificantes**, com a finalidade de reduzir a água sem alterar a quantidade na sua composição aumentando sua plasticidade e o **aditivos modificantes de viscosidade**, que modifica os aspectos da deformação aumentando a homogeneidade e melhorando o bombeamento, limitando a segregação do concreto e garantindo, portanto, sua estanqueidade [1]. Vale salientar novamente, a importância de uma boa impermeabilização que deverá atender às condições mínimas de proteção da construção contra a passagem de fluidos e a salubridade, segurança e conforto do usuário, de forma a garantir a estanqueidade das partes construtivas que a requeiram [3].

Na execução de uma laje de subpressão, o quesito temperatura deve ser também levado em consideração, pois através de estudos feitos em laboratório, observou-se que a temperatura do concreto garante que não haja possíveis fissuras; também deve ser feito um controle de umidade do microclima para que não haja a evaporação desta água do concreto. A temperatura máxima do concreto deverá ser determinada pelo projetista. [4].

O processo construtivo de uma laje de subpressão deve seguir precisamente o projeto e todas as etapas construtivas devem ser realizadas com muita cautela. Mesmo que seja trabalhosa a construção deste tipo de laje, o processo é ainda o mais viável quando comparado com um sistema de drenagem que necessita de uma manutenção rigorosa e um gasto elevado com bombas permanentes [2]. Esse o sistema construtivo deve ser realizado com materiais resistentes, de baixíssima permeabilidade, durável e com boa trabalhabilidade, pois são dimensionadas para suportar as cargas do solo e da água presente

nas camadas subterrâneas; em regra, essas lajes são feitas de concreto armado, com espessura variável de acordo com as exigências de cada projeto [5] e para a realização das mesmas é necessário que seja feito o rebaixamento provisório do lençol freático [6].

A execução da laje de subpressão exige um bom planejamento, execução e ainda cuidados a fim de eliminar ou diminuir problemas futuros relacionados, principalmente, às patologias associadas ao efeito da ação da água nas áreas mais baixas dos solos e ela terá suas particularidades dependendo de como será executada, requerendo assim um maior cuidado dos profissionais envolvidos tanto no planejamento como na execução deste elemento estrutural [7].

Neste contexto, o objetivo da pesquisa foi realizar uma revisão bibliográfica do método construtivo de uma laje de subpressão em uma obra residencial/comercial (edifício), no município de Goiânia, acompanhando todas as etapas do processo executivo, “*in loco*”, bem como as principais características deste sistema construtivo de uma laje de subpressão.

## **2. Materiais e Métodos**

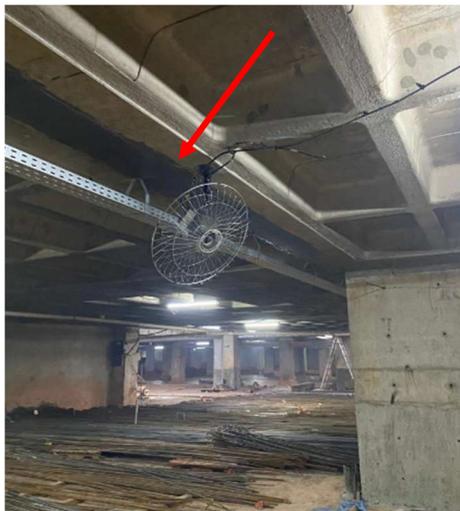
A apresentação desse trabalho de Método Construtivo de uma Laje de Subpressão no Município de Goiânia - Estudo de Caso, consistiu em expor o processo executivo desta, apresentando as principais características do sistema construtivo em questão. Para tanto foi feito o acompanhamento, passo a passo, do processo executivo “*in loco*” do sistema, em uma obra residencial/comercial no município de Goiânia, com uma área construída de 104.531 m<sup>2</sup>, com 40 pavimentos. A laje foi executada no subsolo 03, com início da primeira concretagem em setembro/2023 e finalizada em dezembro/2023, aproximadamente 10,65 metros abaixo no nível 0,0, com referência ao pavimento térreo e com o nível do lençol freático 1,5 metros acima do subsolo 02, o que representa 6,15 metros abaixo do nível 0,0 (térreo).

A resistência do concreto desta laje de subpressão – estudo de caso foi,  $f_{ck} = 45$  MPa aos 28 dias, sendo o Slump inicial ( $S_i$ ) de  $4 \pm 2$  cm, o Slump final ( $S_f$ ) de  $16 \pm 3$  cm e a relação água cimento ( $a/c$ ) de  $\leq 0,45$ . O traço utilizado no concreto do estudo de caso, está na Tabela 1 a seguir:

Material	Kg/m <sup>3</sup>
Cimento CII-F 40	360,00
Sílica Ativa	30,00
Brita 0 - Pedra britada	700,00
Brita 1 - Pedra britada	360,00
Areia artificial - Pedra britada	352,00
Areia natural média - DG	430,00
Cristalizante Eucon Viapol	3,90
Polifuncional (Sika)	3,12
Superplastificante (Viscoc. 6500)	0,78
Água	185,00
Microfibra sintética	0,60

**Tabela 1: Materiais utilizados para o concreto**

A temperatura do concreto, de acordo com orientação do projeto, deve atingir no máximo 35°C para não ocorrer fissuras no concreto consolidado; para que esta temperatura fosse alcançada foram instalados ventiladores no local para que o microclima estivesse favorável e a temperatura do concreto não ultrapassasse o limite definido pelo projetista (Figura 1).



**Figura 1: Ventiladores instalados no local do lançamento do concreto**

Os materiais para a execução da laje em questão foram: Argamassa Polimérica (Penecoat Flex), o impermeabilizante (Viaplus 1000) e a fita hidroexpansiva (Penebar SW55).

### **3. Resultados e Discussão**

#### ***3.1 Rebaixamento do lençol freático***

Para se realizar uma laje de subpressão, normalmente há a necessidade do rebaixamento provisório do lençol freático, que pode ser pelo sistema de ponteiros filtrantes à vácuo;

sistema de poços profundos com emprego de injetores ou o sistema de poços profundos com emprego de bombas de eixos verticais.

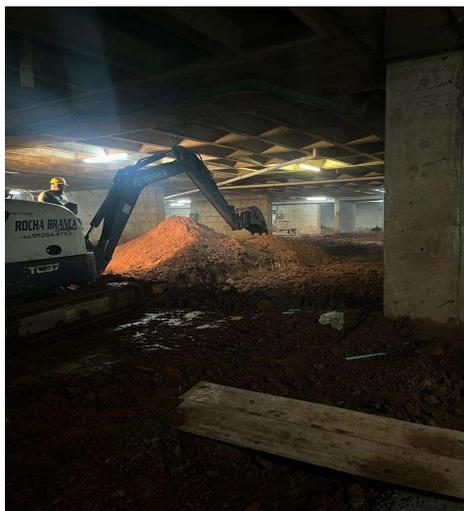
No estudo de caso em questão, já havia sido executada uma parede diafragma para conter o nível do lençol freático, não necessitando, portanto, deste rebaixamento, comentado anteriormente; mas como este lençol freático ainda estava um pouco aflorado, foi preciso utilizar uma bomba submersa ASI500 (Figura 2) para retirar a água do local, para ser possível a execução da laje de subpressão em questão.



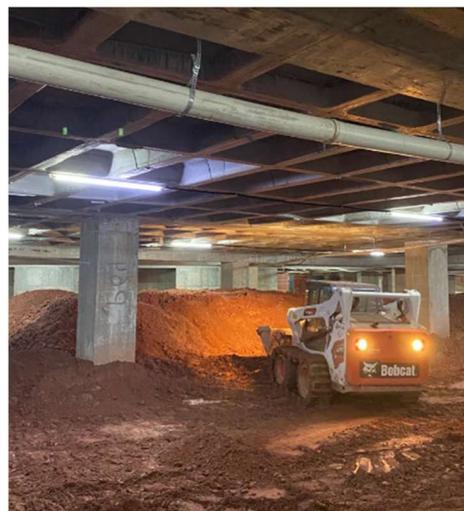
**Figura 2: Bomba submersa ASI 500**  
**Fonte: Mercado Livre (2023)**

### ***3.2 Compactação do solo***

Após o bombeamento da água do local, como citado no item anterior, foi retirado o solo úmido, para que fosse possível fazer a segunda etapa do processo, que é a compactação do solo e para isso foi iniciado a escavação deste solo úmido, utilizando-se maquinários como a retroescavadeira (Figura 3) e a bobcat (Figura 4).



**Figura 3: Retroescavadeira**



**Figura 4: Bobcat**

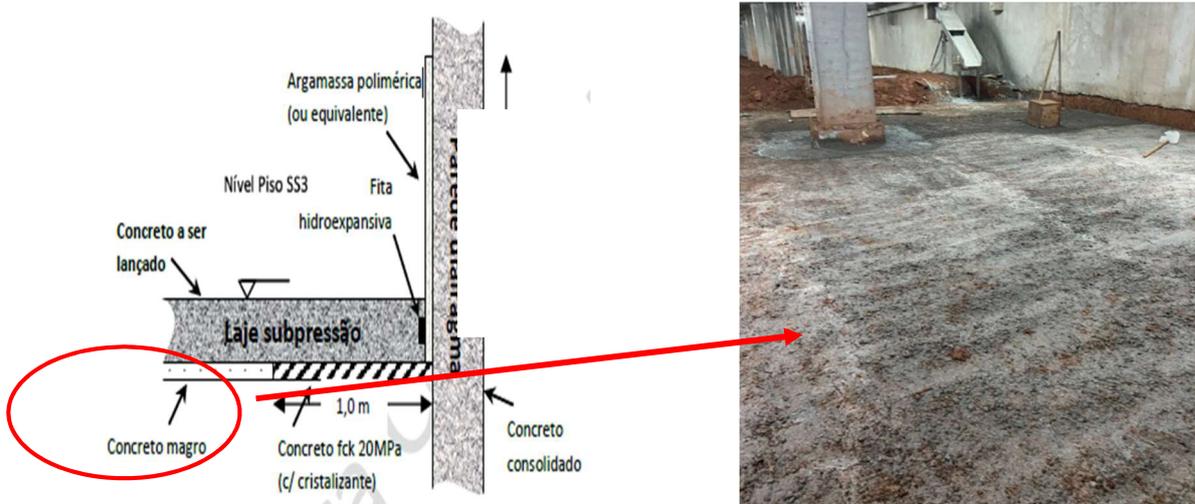
Assim que o solo foi retirado do local, iniciou-se então, a compactação do solo com um compactador leve, tipo sapo, que consiste em aumentar a resistência do solo e dar uma maior estabilidade para as próximas etapas da execução da laje de subpressão (Figura 5).



**Figura 5 – Compactador leve – “tipo sapo”**

### ***3.3 Execução do concreto magro***

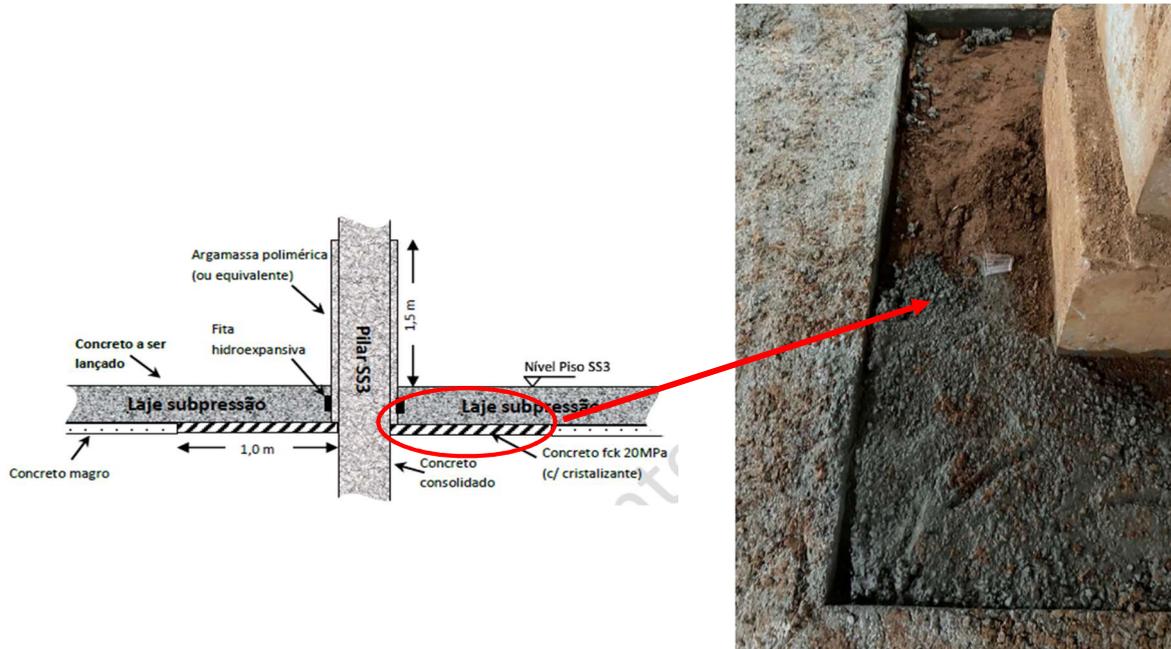
Assim que a compactação foi finalizada, deu-se início a execução do concreto magro com uma resistência de 20MPa (Figura 6), que serviu como “berço” para o recebimento da laje de subpressão.



**Figura 6: Concreto magro**

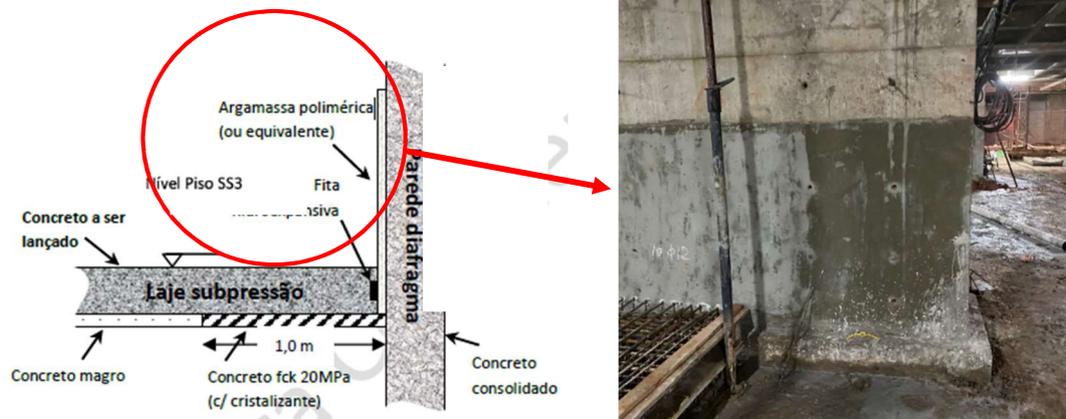
Fonte: SBS Consultoria em Engenharia (2023) [8]

Além do concreto magro, foi aplicado um concreto com fck de 20MPa com aditivo cristalizante, na faixa de 1 metro em todo o perímetro da parede diafragma e também nos elementos de concreto consolidados (pilares), que estavam em contato com a laje de subpressão (Figura 7), bem como a aplicação de argamassa polimérica em 1,5 metros de altura na face destes elementos (parede diafragma e pilares) (Figura 8).



**Figura 7: Concreto fck 20MPa na faixa de 1 metro.**

Fonte: SBS Consultoria em Engenharia (2023) [8]



**Figura 8: Argamassa polimérica com 1,5 metros de altura.**  
**Fonte: SBS Consultoria em Engenharia (2023) [8]**

### **3.4 Fôrma e armação**

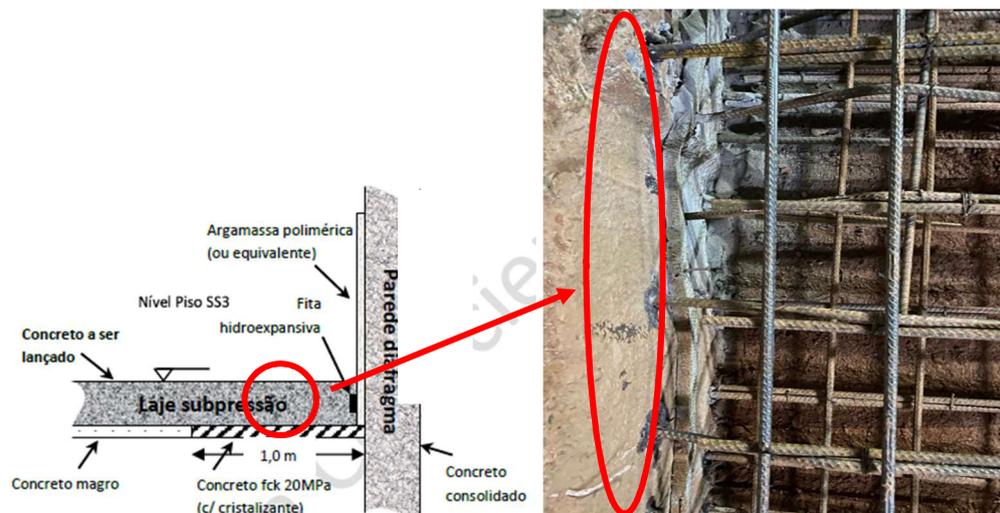
Após a execução do concreto magro, foi iniciado a montagem das armações e fôrmas (Figuras 9a e 9b); vale ressaltar que neste estudo de caso, já havia elementos de concreto consolidados (pilares e parede diafragma), portanto, foi necessário executar juntas de concretagens com a fita hidroexpansiva nos mesmos (Figura 10), evitando com isso possíveis vazamentos, já que esta etapa (colocação da fita hidroexpansiva) seria depois da montagem das fôrmas, armações e concretagem.



**Figura 9a: Montagem da armação**



**Figura 9b: Montagem da fôrma**



**Figura 10: Fita hidroexpansiva nos elementos de concreto consolidado.**  
**Fonte: SBS Consultoria em Engenharia (2023) [8]**

Conforme o projeto estrutural da laje de subpressão, as montagens das fôrmas foram feitas apenas onde teriam as juntas de dilatação (Figura 11) e também nas grelhas de água pluvial (Figura 12), já que se trata de uma laje no último subsolo (onde não há necessidade da montagem de fôrmas convencionais); já a montagem da armação, foi conforme projeto estrutural.



**Figura 12: Fôrma na grelha de água pluvial**

### **3.5 Concretagem**

Após a montagem das fôrmas e armações, foi dado início à concretagem; alguns requisitos do concreto estão representados na Tabela 2 a seguir, de acordo com as especificações contidas no projeto estrutural do estudo de caso em questão.

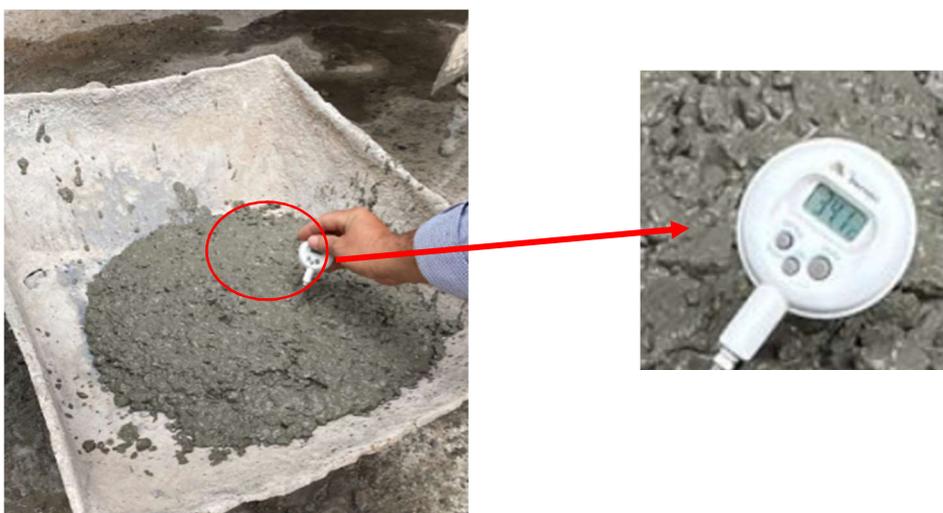
Requisito		Dosagem
Estrutural	Fck 45MPa aos 28 dias	Conforme carta-traço
Durabilidade	Classe de agressividade II	Conforme carta-traço
	Prevenção RAA	Consumo apropriado de sílica ativa para mitigar de expansão conforme NBR 15577
Estabilidade Dimensional	Retração total mediana	- $D \geq 19\text{mm}$ - S 16+3m (bombeável) - Consumo de água $\leq 185\text{kg/m}^3$
	Efeito térmico mediano	- Uso de cimento composto preferencialmente com temperatura de estocagem $< 50\text{ }^\circ\text{C}$ - Consumo de cimento $\leq 390\text{kg/m}^3$ - Resfriar agregados graúdos com aspersão de água
Estanqueidade	Baixa permeabilidade	- $a/c \leq 45$ - Volume de pasta: 30% a 40%
	Combate de fissuras	- Uso de aditivo ou adição cristalizante (consumo conforme fabricante)
Temperatura	Combate de fissuras	- Máximo de $35\text{ }^\circ\text{C}$

**Tabela 2 – Requisitos para o concreto aplicado à laje de subpressão**

O traço do concreto a ser aplicado na estrutura, é representado na Tabela 1, citado anteriormente.

Para o início da concretagem, foi estabelecido como seria a dosagem do concreto. Primeiramente na concreteira, foi adicionado aditivos como a microfibras e o cristalizante, ficando apenas para adicionar, no local da concretagem, o superplastificante, para que fosse feito o teste do abatimento do tronco de cone (slump).

Com a chegada do caminhão betoneira na obra, foi feito inicialmente, o controle de temperatura com o termômetro digital de vareta, onde a temperatura máxima deve ser de  $35\text{ }^\circ\text{C}$ , de acordo com a Tabela 2, sendo que no caso em questão foi registrado  $34,1\text{ }^\circ\text{C}$  (Figura 13).



**Figura 13: Controle de temperatura com termômetro digital de vareta**

Logo em seguida foi feito o teste de slump, sendo o  $S_i = 4 \pm 2\text{cm}$  (Figura 14) especificado no projeto da laje de subpressão, do estudo de caso.



**Figura 14: Slump inicial ( $S_i$ )**

Após o teste de slump inicial ( $S_i$ ), foi adicionado o aditivo superplastificante (Figuras 15 e 16), que tem o intuito de fazer com que o concreto fique mais fluido para cumprir os requisitos da Retração total mediana, especificado anteriormente (Tabela 2).

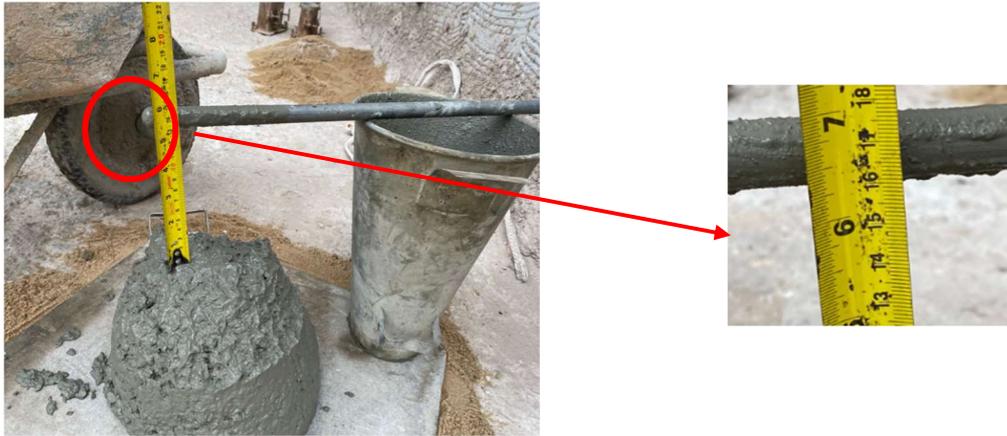


**Figura 15 – Aditivo superplastificante**



**Figura 16 – Adição do aditivo no caminhão**

Após a adição do aditivo superplastificante, é feito o teste de slump novamente, que deve alcançar um  $S_f = 16 \pm 3\text{cm}$  (Figura 17), de acordo com a Tabela 2.



**Figura 17 – Slump final (Sf)**

Com todos os requisitos cumpridos, iniciou-se a concretagem da laje de subpressão (Figura 18), seguindo alguns cuidados necessários para que a mesma seja bem-sucedida, quais sejam:

- Controlar a temperatura de lançamento a 35°C;
- Iniciar em uma única frente de concretagem partindo das paredes para o encontro com a junta de concretagem;
- Durante a concretagem, pulverizar a água (utilizar pressurizadora) no ambiente para garantir alta umidade ou borrifar água diretamente da superfície acabada;
- Adensar com vibrador conforme orientações da NBR 14931;
- Com o fim da pega, retirar o anteparo superior da madeira da junta de concretagem.



**Figura 18 – Concretagem**

### 3.6 Juntas de concretagem

Para a concretagem desta laje de subpressão – estudo de caso, foi necessário dividir a área total em 8 (oito) etapas, devido ao grande volume de concreto e para isso foi essencial o planejamento das juntas de concretagem, ou seja, onde há o encontro de um concreto que já foi lançado anteriormente com o novo concreto que irá ser lançado.

Vale ressaltar que na região das juntas de concretagem é necessário criar barreiras para impedir a passagem da água, pois as mesmas ficam susceptíveis ao surgimento de fissuras.

As juntas de concretagem, embora inevitáveis, foram projetadas para que a interrupção da concretagem ocorra exatamente naquela região especificada, a fim de se tratar a interface apenas nos locais planejados e preparados para essa situação.

Os materiais utilizados para fazer as juntas de concretagem foram:

- Tela de viveiro em aço galvanizado em formato hexagonal de abertura de malha de 12,5mm (1/2”) traspassado em 2 camadas e fixado nos grampos (Figura 19);
- Barra de argamassa (anteparo inferior) que serve como barreira para não vazar concreto e ainda como espaçador da ferragem positiva (Figura 19);
- Anteparo de madeira superior (preferencialmente com altura equivalente ao cobrimento). Deve ser removido após término do acabamento da laje (Figura 19);
- Fita hidroexpansiva quando há execução da próxima etapa de concretagem (Figura 20).



**Figura 19: Materiais utilizados para juntas de concretagem**



**Figura 20: Fita hidroexpansiva**

#### ***4. Conclusão***

O principal objetivo deste trabalho foi acompanhar todas as etapas do processo executivo “*in loco*” e as principais características do sistema construtivo de uma laje de subpressão em um edifício residencial/comercial no município de Goiânia.

A laje de subpressão é necessária como uma alternativa para obras com o lençol freático muito aflorado ou solos muito profundos, a fim de impedir a infiltração da água em uma construção e manter a estanqueidade da mesma. No estudo concluiu-se que o principal diferencial na execução de uma laje de subpressão em relação a execução de uma laje convencional é o traço do concreto, pois neste há adição de aditivos cristalizantes que são responsáveis por proteger a armação (aditivo redutor de permeabilidade hidrostática), reduzir a passagem de água sem alterar a quantidade na sua composição (aditivo superplastificante) e modificar os aspectos da deformação, aumentando a homogeneidade e o bombeamento, limitando a segregação do concreto (aditivo modificante de viscosidade), além de se ter uma preocupação com a temperatura do ambiente e do próprio concreto para que não ocorra futuras fissuras e com isso prejudicando a propriedade do concreto.

Na realização da laje de subpressão é de suma importância também, o planejamento das juntas de concretagem, utilizando-se fita hidroexpansiva para impedir a passagem da água nessas regiões.

Sendo assim, espera-se que esse trabalho e toda a pesquisa realizada contribua para toda a cadeia produtiva do setor da construção civil, considerando-se que o objeto de estudo é uma

alternativa inovadora, eficaz e sustentável, para edificações que possuam o lençol freático acima do nível do subsolo.

## 5. Referências Bibliográficas

1. FRACON, Felipe. Estudo de caso: Metodologia executiva de uma laje de subpressão no setor noroeste, Brasília – DF. 2018. Disponível em: <[http://ibibrasil.org.br/simposio2018/wp-content/uploads/2018/06/01-02-Felipe-Fracon-Estudo-de-caso-Metodologia-executiva-de-uma-laje-de-subpress%C3%A3o\\_Trabalho\\_15\\_SBI.pdf](http://ibibrasil.org.br/simposio2018/wp-content/uploads/2018/06/01-02-Felipe-Fracon-Estudo-de-caso-Metodologia-executiva-de-uma-laje-de-subpress%C3%A3o_Trabalho_15_SBI.pdf)>. Acesso em: 05 de março de 2023.
2. CORTOPASSI, Renato. **Lajes de subpressão estanques: saiba como construir**. 2018. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/como-construir-para-conter-a-agua-de-lencois-freaticos/>>. Acesso em: 05 de março de 2023.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9574: Execução de impermeabilização. Rio de Janeiro, 2008.
4. MARREIRO, Mario. **Sistema construtivo de subsolos estanques e lajes de subpressão**. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/151954131-Sistema-construtivo-de-subsolos-estanques-e-lajes-de-subpressao.html>>. Acesso em: 30 de abril de 2023.
5. SANTOS, Paulo. Métodos executivos de lajes de subpressão. 2016. Disponível em: <<https://www.conic-semesp.org.br/anais/files/2016/trabalho-1000022249.pdf>>. Acesso em: 27 de março de 2023.
6. GOTLIEB, I.; NETO, H.G.J.; **Rebaixamento temporário do lençol freático exige equipamentos especializados**. 2020. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/rebaixamento-temporario-do-lencol-freatico-exige-equipamentos-especializados/19723>>. Acesso em: 16 de abril de 2023.
7. BRITZ, Carlos. Estanqueidade de lajes de subpressão. Caso MIS-RJ. 2013. Disponível em: <<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/06/268.pdf>>. Acesso em 09 de abril de 2023.
8. SBS CONSULTORIA EM ENGENHARIA, Soluções inteligentes para racionalização de recursos e garantia do desempenho: **Nota técnica N°002, laje de subpressão**.



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1908 - Setor Universitário  
Cidade Universitária - CEP 74061-910  
Goiânia - Goiás - Brasil  
Fone: (62) 3246-1000  
www.pucgoias.edu.br e reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

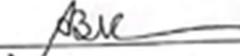
Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

A estudante Lorena Carvalho Padilha do Curso de Engenharia Civil, matrícula 2019.1.0025.0025-5, telefone: (62)98115-0127, e-mail: lorenacarvalhopadilha@gmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Método construtivo de uma laje de subpressão, no Município de Goiânia – Estudo de Caso, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 04 de dezembro de 2023.

Assinatura do autor:  \_\_\_\_\_

Nome completo do autor: Lorena Carvalho Padilha \_\_\_\_\_

Assinatura do professor-orientador:  \_\_\_\_\_

Nome completo do professor-orientador: Juliano Boyes de Paula Couto \_\_\_\_\_



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1308 - Setor Universitário  
Cidade Postal 98 - CEP 74005-010  
Goiânia - Goiás - Brasil  
Fone: (62) 3645 1300  
www.pucgoias.edu.br - reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

A estudante Raquel Cristina Reis Pereira, do Curso de Engenharia Civil, matrícula 2019.1.0025.0044-1, telefone: (64)98448-8941, e-mail raquelcristinarp5@gmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Método Construtivo de uma laje de subpressão, no Município de Goiânia – Estudo de Caso, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 04 de dezembro de 2023.

Assinatura do autor: Raquel Cristina Reis Pereira

Nome completo do autor: Raquel Cristina Reis Pereira

Assinatura do professor-orientador: ABN

Nome completo do professor-orientador: Juliano Borges de Paula Couto