



TRABALHO DE GRADUAÇÃO

ENGENHARIAS 2020

O ESTUDO METEOROLÓGICO APLICADO PARA OTIMIZAÇÃO DE PROJETOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

RODRIGUES, Wagner

Prof. Ma. Candida Maria Costa Baptista, Universidade São Francisco

wagrdr@hotmail.com

Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

Professor Orientador, Prof. Ma. Candida Maria Costa Baptista, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista.

RESUMO. Nos dias atuais, a construção civil demanda cada vez mais técnicas de produção que resultam em otimização de materiais e mão de obra, gerando redução de custos com relevância fundamental para um setor tão competitivo. Desta forma o conhecimento da dinâmica climatológica e meteorológica para quem trabalha com projetos de construção civil, se mostra indispensável atualmente. Planejamentos de curto e médio prazo, os mais utilizados em canteiros de obras, geralmente não incluem pré estudos sobre o tempo e clima, ocasionando atrasos e prejuízos para o cronograma físico financeiro do projeto. A pesquisa e metodologia deste trabalho visa o levantamento de dados climatológicos, estatísticas e observações, para apresentar quais são as características específicas no decorrer de ciclos anuais e como estes fenômenos interferem em determinada fase de um projeto da construção civil. O trabalho também determina quais são as etapas construtivas que estão mais suscetíveis a atrasos e perdas, em decorrência de chuvas ou ocorrências severas. A pesquisa também utiliza ferramentas tecnológicas, como programas de gestão, com a aquisição de dados do clima, para uma melhor otimização no período de trabalho no canteiro de obras. Um dos métodos para a aquisição de dados, foi a consulta a órgãos oficiais de estudo do clima. Para fundamentação da pesquisa foi realizado um estudo de caso em um projeto de reforma de um imóvel comercial na região da grande São Paulo. Os resultados foram obtidos através do cruzamento de dados meteorológicos com o cronograma de execução. Como conclusão podemos observar que sem a intervenção do gestor no cronograma físico, haveria grande probabilidade de perdas e atrasos.

Palavras-chave: Construção civil, meteorologia, canteiro de obras, previsão do tempo.

ABSTRACT. Nowadays, civil construction demands more and more production techniques that result in material and labor optimization, generating cost reduction, with fundamental relevance for such a competitive sector. Thus, the knowledge of climatological and meteorological dynamics for those who work with civil construction projects is essential today. Short and medium term plans, the most used in construction sites, generally do not include pre-studies on the weather and climate, causing delays and losses to the project's physical financial schedule. The research and methodology of this work aims to collect

climatological data, statistics and observations, to present which are the specific characteristics during the annual cycles and how these phenomena interfere in a determined phase of a civil construction project. The work also determines which are the construction stages that are most susceptible to delays and losses, due to rain or severe occurrences. The survey also uses technological tools, such as management programs, with the acquisition of climate data, for a better optimization of the work period at the construction site. One of the methods for acquiring data was to consult official weather information services. To support the research, a case study was carried out in a project to renovate a commercial property in the greater São Paulo region. The results were obtained by crossing meteorological data with the execution schedule. As a conclusion, we can observe that without the manager's intervention in the physical planning, there would be a high probability of losses and delays.

Keywords: Civil construction, meteorology, construction site, official weather information services.

INTRODUÇÃO

Meteorologia

A meteorologia iniciou-se com o estudo da atmosfera em tempos remotos e a necessidade do conhecimento das épocas corretas de plantio e colheita. Com a introdução de ferramentas no séc. XVIII houve um grande ganho em precisão e confiabilidade.

Para Feitosa (2005), a Meteorologia surgiu para possibilitar o homem conhecer mais sobre o meio ambiente e seus respectivos eventos climáticos.

O clima de qualquer região é determinado em grande parte pela circulação geral da atmosfera. Essa circulação, resulta do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição assimétrica de oceanos e continentes e das características topográficas sobre os continentes. Esta circulação tem influência direta nas variações regionais dos elementos climáticos, tais como, temperatura e precipitação. YURI et al. (2017), explica que a atmosfera terrestre é composta por uma camada de gases, que vem evoluindo com o passar dos anos ao longo da história do planeta. Dividida em 4 camadas na vertical. A primeira camada, troposfera, está localizada próxima a superfície. A segunda camada é a estratosfera, a qual não tem variação térmica com variação de altura e é chamada de zona isotérmica.

Os principais mecanismos físicos atmosféricos que controlam o clima no Brasil são:

Fenômenos meteorológicos de grande escala - Como frentes frias e sistemas frontais, que são definidas como a região de transição entre duas massas de ar com propriedades físicas distintas, as regiões sul e sudeste do Brasil são consideradas, como frontogenéticas, ou seja, regiões onde as frentes podem formar-se ou intensificar-se. O encontro de duas frentes (quente e fria) é chamado de sistema frontal. Um sistema frontal clássico é geralmente composto de frente fria, frente quente e um centro de baixa pressão na superfície chamado ciclone.

Centros de ação - Correspondem às zonas de Alta ou Baixa Pressão atmosférica (origem dos movimentos atmosféricos).

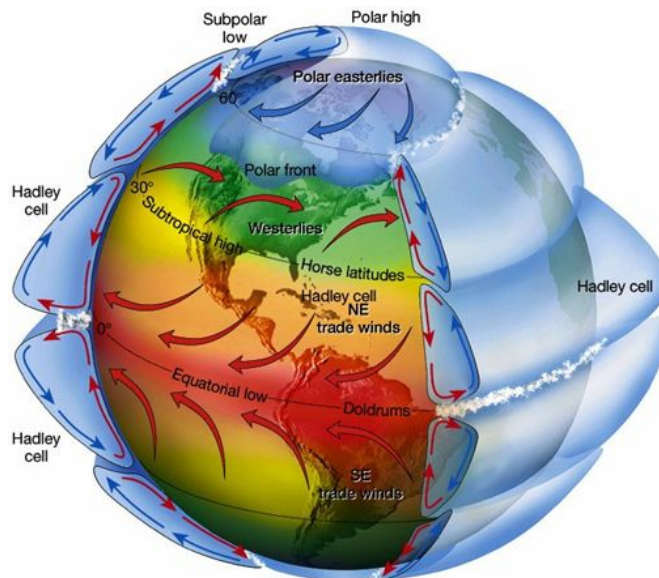
Jato Polar e Subtropical - A corrente de jato tem origem entre as massas de ar frio e as massas de ar quente, é caracterizada por um escoamento do vento zonal de oeste e atinge valores máximos de velocidade, ocasionado pela existência de gradientes meridionais de temperatura próximo à tropopausa.

Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCANs) - Um dos principais sistemas meteorológicos que provoca alterações no tempo da região Nordeste do Brasil é o vórtice ciclônico da alta troposfera, produz tempo bom na região sul e central do Nordeste e chuvas no setor norte do Nordeste. Esses vórtices ciclônicos são caracterizados por um movimento descendente de ar frio e seco no seu centro e um movimento ascendente de ar quente e úmido na sua periferia, dependendo de sua intensidade e permanência, causam sérios problemas locais e regionais. Ao se deslocar para oeste sobre a Região Nordeste, este sistema com o centro sobre o interior do continente, inibe as precipitações e impede o deslocamento dos sistemas frontais para o litoral do Nordeste, causando precipitações persistentes sobre a Região Sudeste.

ZCIT, zona de convergência intertropical - Um dos mais importantes sistemas meteorológicos atuando nos trópicos. Devido à sua estrutura física, a ZCIT tem se mostrado decisiva na caracterização das diferentes condições de tempo e de clima em diversas áreas da Região Tropical. A ZCIT é o fator mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor Norte do Nordeste do Brasil, oscilando entre os dois hemisférios (HN/HS) sazonalmente. Os principais meses de atuação desse sistema está entre fevereiro e maio.

ZCAS, zona de convergência do atlântico sul - Caracterizada como uma banda persistente de precipitação e nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste, ocorre entre os meses de outubro a março, se estende desde o sul da Amazônia até o Atlântico Sul-Central, uma característica marcante desse sistema é a sua persistência, podem causar enchentes e deslizamentos de encostas em algumas regiões, ou se enfraquecer e inibir durante alguns dias a convecção.

Figura 1 – Circulação geral da atmosfera.



Fonte: Adversidades climáticas geradoras de inundações, INPE.

No decorrer do século XX observou-se um aumento significativo na oferta de dados meteorológicos para fins variados, utilizando processos eletrônicos, e computacionais.

YURI et al. (2017), explica que em relação ao levantamento de dados é importante citar a observação meteorológica, a qual ocorre perto da superfície. Entre as estações de observação, existem as situadas em aeroportos, identificadas pela sigla METAR, as instaladas

em navios, identificadas pela sigla SHIP, e as demais estações convencionais, representadas pela sigla SYNOP;

METAR - Informe meteorológico regular de aeródromo (METeorological Aerodrome Report) – é um informe codificado, associado às observações meteorológicas à superfície, e utilizado para fornecer informações sobre condições do tempo em um aeródromo específico.

SYNOP - As Observações Sinóticas à Superfície (Surface Synoptic Observations) são códigos numéricos designados pela Organização Meteorológica Mundial e utilizados para a notificação de observações meteorológicas feitas por estações meteorológicas de superfície e automáticas. Relatórios SYNOP são enviados a cada seis horas por ondas curtas ou pela internet. Um relatório é composto por grupos de números (e barras, caso não haja dados disponíveis) descrevendo informações meteorológicas gerais, tais como a temperatura, a pressão atmosférica e a visibilidade em uma estação meteorológica.

SHIP – O registro SHIP é procedente de uma estação marítima se identifica mediante as letras simbólicas BBXX, geralmente são observações de navios mercantes, embarcações de pesquisa ou embarcações militares.

Após a coleta de dados (precipitação, ventos, umidade relativa do ar, pressão etc.), com o auxílio de supercomputadores faz-se uma simulação, através de modelos numéricos, de como se comporta o tempo num intervalo de 24, 48, 72 e 96h à frente. Porém, só as informações do modelo numérico não são suficientes para a realização da previsão do tempo, também se faz a avaliação de imagens de satélites para elaborar a previsão em curto prazo. Estas imagens podem ser geradas a cada 30min, de hora em hora ou a cada 3h. Elas estão disponíveis em 3 canais, infravermelho, visível e vapor d'água. Com as imagens e dados em mãos, os meteorologistas mapeiam e analisam essas informações e elabora-se a previsão do tempo para todo o Brasil.

Atividades da construção civil

Pode ser denominado como construção civil, o conjunto de atividades, cuja finalidade é adaptar a natureza a si ou adaptar-se a ela, através de obras de construção.

Para que essa interação natureza/obra aconteça é fundamental que o planejamento seja detalhado tanto quantitativo como qualitativo visando o cumprimento do projeto aprovado. O planejamento é o que direciona todas as atividades de um canteiro de obras e dá parâmetros que auxiliam todos os gerenciadores envolvidos a tomar uma decisão mais rápida e precisa.

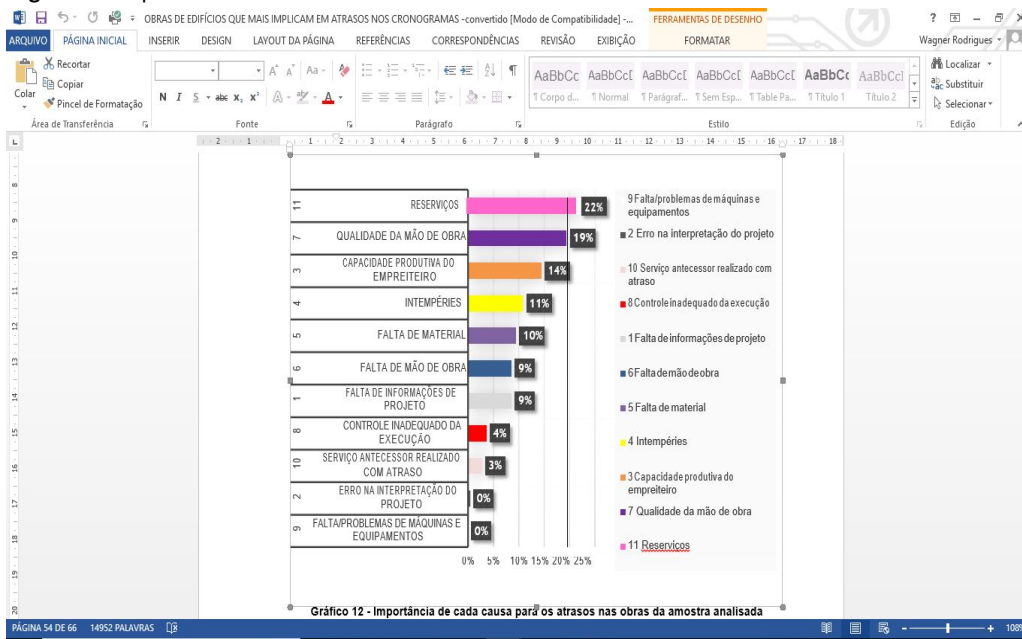
De acordo com Queiroz (2011), o planejamento descreve todas as etapas de uma construção tais como prazos e valores, contratos e especificações técnicas, evolução e progressos alcançados na obra, análise comparativas dos resultados, reprogramação e replanejamento quando necessários.

Para que os materiais utilizados em obras não sofram desgastes, perdas ou qualquer tipo de dano por interferência das intempéries, é necessário que sejam feitos estudos da localização geográfica com a interface da estação climática, seja ela, primavera, verão, outono ou inverno e estes dados após análise devem fazer parte do planejamento.

As condições ambientais também influenciam na segurança das atividades de mão de obra, como operações em grandes alturas e trabalhos com guias e guindastes. Sabemos que as intempéries são eventos meteorológicos que não podemos evitar, porém é necessário que sejam previstos, esperados e contornados para que a obra seja finalizada, evitando desperdícios de materiais e mão de obra, portanto o planejamento adequado deve ser utilizado também na aquisição de materiais no tempo certo, garantindo o prazo de entrega da obra final.

Segundo Coelho e Back (2015), o fator climático tem grande influência para atrasos no período de execução das obras, setores como a construção civil carecem de um melhor planejamento meteorológico para evitar perdas e atrasos.

Figura 2 -.Etapas suscetíveis a atrasos no canteiro de obras



Fonte: NASCIMENTO, Letícia Maria Fritzen; FELDMANN, Rafael. Análise por meios estatísticos das etapas de execução das obras de edificações que mais afetam os atrasos nos cronogramas.

Na pesquisa de Nascimento (2013), às etapas de terraplanagem, textura/grafiato e serviços externos sofrem atrasos acima de 30% causadas por intempéries, uma perda enorme na construção civil.

Uma das principais consequências de um planejamento e gerenciamento deficiente é a relação direta no aumento dos custos e perda de competitividade por parte das empresas construtoras. Podemos também destacar o possível impacto social, pois afeta a oferta de emprego e a entrega do produto ou bem no custo e tempo estipulado.

Segundo Brandalise (2017), o tempo é o recurso fundamental de todos os indicadores, em função de que o mesmo representa o desempenho do projeto. De forma que, se este não for devidamente administrado, poderão ocorrer interferências no desempenho total do empreendimento.

Gerenciamento das atividades da construção civil utilizando a previsão meteorológica

Na construção civil um dos fatores mais relevantes no atraso de obras está relacionado ao clima. Levantamento de dados climáticos na região determinada para obra e a inclusão da previsão meteorológica no planejamento, são necessários para que o gerenciamento assegure que a construção seja concluída dentro do padrão de qualidade e prazos esperados pelo cliente.

Atualmente os gestores de uma obra contam com a tecnologia na palma da mão. Através dos smartphones e computadores no canteiro de obras, o uso de aplicativos como ferramenta de gestão tem otimizado a distribuição e acompanhamento das atividades das equipes no canteiro de obras, o qual podem ser gerenciados “on time” e corrigidos se necessários.

A tecnologia é uma grande aliada do gerenciamento, visto que todas as informações como; contato com os funcionários; contato com o cliente; orçamentos; pedidos e entrega de materiais e gestão financeira e contábil, ajudam a reduzir o desperdício, diminuem os gastos e mantém a qualidade do produto final.

Segundo Neves (2011), softwares para gerenciamento de projeto, podem adicionar informações, como supervisão do calendário de projeto, o qual permite a visualização do

projeto em semanas considerando os dias úteis. Outros períodos sem trabalho como feriados e dias parados por eventos meteorológicos, também poderiam ser considerados (what-if analysis), o qual é possível simular modificações no projeto e as alternativas possíveis, mostrando as variáveis positivas e negativas. Por exemplo, pode-se avaliar a iniciação de uma tarefa em um período diferente e analisar os impactos no orçamento ou tempo do projeto.

Neves (2011), define que as ferramentas de gerenciamento de projetos em dispositivos móveis como sendo aqueles que possuem as seguintes características:

- Portátil: Que possa ser carregado sem muito esforço, como um molho de chaves ou uma carteira.
- Pessoal: Cada pessoa tem seu próprio dispositivo, com suas customizações e normalmente não se compartilha sua utilização.
- Companheiro: É possível estar com o dispositivo o tempo todo.
- Fácil de usar: No sentido de condições de uso, como por exemplo, não é necessário utilizar o dispositivo sentado, ou num lugar com ótima iluminação, ou ter que esperar dois minutos para que o sistema esteja pronto para uso.
- Conectado: Deve ser possível conectar na internet quando necessário.

O monitoramento remoto, de acordo Alves (2018), facilita o acompanhamento, rastreabilidade, desempenho e produtividade das equipes para que haja uma forma organizada e simultânea de informações e transparência para entrega dos serviços. Essa acessibilidade possibilita informações, comunicações e correções de erros com tomadas rápidas de decisões, para que o cronograma da obra não seja prejudicado.

Com a tecnologia atual, o engenheiro gerente de projetos tem todas as informações necessárias tanto do canteiro de obras, como dos serviços meteorológicos, podendo acompanhar a execução dos trabalhos e garantindo prazos e qualidade da obra, evitando perdas de materiais e custos desnecessários.

Ferramentas algorítmicas como emulador de gerenciamento climático para construção civil

Até pouco tempo atrás, o uso de dados climáticos para a previsão do tempo era algo pouco conhecido e conseqüentemente pouco usado para o gerenciamento da construção civil.

Foi com a evolução tecnológica que as informações climáticas passam a ser fundamentais nas decisões de setores produtivos, bem como na construção civil. Os dados meteorológicos como o uso de aplicativos, se transformam em uma ferramenta importante no auxílio à gestão de projetos, pois podem fornecer planilhas e gráficos para melhor solução dos problemas.

Aplicativos para previsão meteorológica em projetos podem usar algoritmos que cruzam estatísticas climáticas com o período da obra. As variáveis de entrada e saída de dados geram a previsão de eventos meteorológicos que cruzados com a fase da obra, podem calcular o tempo previsto para seu término

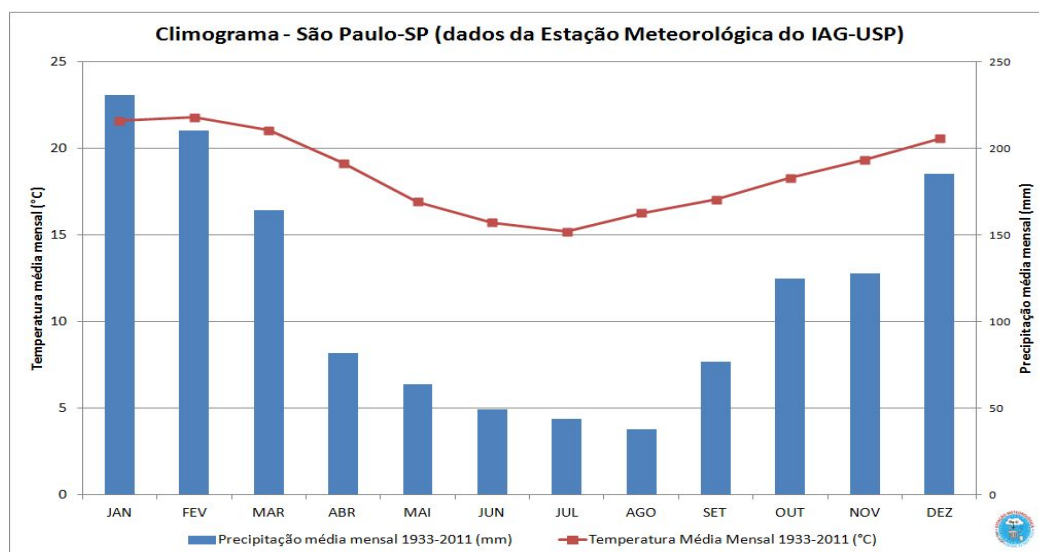
Segundo Ribeiro (2013), para o levantamento de dados procura-se entender os efeitos de variabilidade como o El Nino e La Nina. Essa variação, pode ter escalas de 25 a 30 anos, e podem causar secas prolongadas e eventos extremos de chuvas espalhadas pela América do Sul. Podem favorecer precipitações acima da média nas regiões norte e nordeste, e mais chuvas no sul e sudeste brasileiro.

Conforme Coelho e Back (2015), obras são ambientes sujeitos a muitas variáveis que não podem ser controladas, como o clima e o tempo. O que é possível fazer, nesses casos, é munir-se do máximo de informações possíveis para conseguir tirar o melhor proveito de cada situação. A contratação de empresas especializadas no fornecimento de serviços de previsão do tempo, pode constituir uma ferramenta para evitar perdas e otimizar os recursos. O boletim meteorológico para construção civil é um instrumento que pode ser personalizado, de acordo com as necessidades do projeto.

A segurança no canteiro de obras é um outro ponto desafiador que exige atenção e cuidado, o qual deve ser redobrado de acordo com o clima. Modelos numéricos globais de tempo, apresentados através de planilhas e gráficos podem prever a evolução atmosférica a longo, médio e curto prazo com simulações que poderiam prever eventos perigosos para as condições de trabalho em canteiros de obras.

Ainda com relação a aquisição de dados, na classificação de Koppen, São Paulo é Cwa, ou seja, subtropical úmido com inverno seco e verão chuvoso. Na tabela abaixo podemos observar a variação de precipitação entre o verão e inverno, na região sudeste.

Figura 3 – Precipitação média mensal



Fonte: IAG/USP

Segundo Neto (2018), uma das principais funções do engenheiro de obras é otimizar os custos. Para estabelecer uma relação que obtenha o menor custo possível e que a obra seja executada em um tempo limite, é ideal o uso de ferramentas de programação, a qual é possível inserir variáveis como o tempo, custo, dias disponíveis para trabalho em determinada tarefa, número de pessoas envolvidas, número de equipamentos disponíveis, e índices de produtividade.

Ainda em relação a produtividade, o conhecimento da dinâmica meteorológica se mostra como uma ferramenta importante para a engenharia, a avaliação correta do tipo de evento meteorológico, seus efeitos e duração, são de fundamental importância no planejamento de projetos, assim como uso de ferramentas computacionais.

METODOLOGIA

O método de pesquisa escolhido foi o exploratório com um estudo de caso em uma obra de construção civil.

A pesquisa exploratória busca demonstrar uma visão geral e aproximada sobre um fato, envolve um levantamento bibliográfico e documental com pesquisas já realizadas, no caso deste artigo, o levantamento foi sobre os dados estatísticos meteorológicos em anos anteriores.

A unidade de análise foi o monitoramento e medição dos serviços executados em obras e eventos meteorológicos impactantes no canteiro de obras que podem ocasionar atrasos, no caso índices de precipitação.

Segundo (Gil, 1996) o conceito de pesquisa exploratória têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores.

Pesquisa

A pesquisa teve por base três etapas:

- Avaliação do cronograma físico sem o estudo meteorológico do local
- Avaliação do cronograma físico com o estudo meteorológico do local em anos anteriores
- Avaliação do cronograma físico com os ajustes e adaptações devido às estatísticas meteorológicas de anos anteriores.

O estudo de caso da pesquisa foi um projeto de reforma em galpão comercial, localizado a aproximadamente 80km do centro da cidade de São Paulo. A atividade de mão de obra ocorreu de forma contínua, cinco dias por semana, incluindo os feriados.

As atividades de reforma do imóvel foram listadas e enumeradas na sequência de trabalho no quadro abaixo, os valores incluem material e mão de obra.

Tabela 1 – Atividades do canteiro de obras, dias úteis, custo total material mais mão de obra e custo por dia.

Sequência	Atividades	Dias	Custo R\$	Custo/dia R\$
01	Revisão e reforma do telhado, calhas e rufos	10	8.000,00	800,00
02	Revisão reforma e substituição dos vitrôs e janelas	10	4.000,00	400,00
03	Revisão reforma e substituição dos muros frontais e grades	12	8.000,00	666,66
04	Revisão, e reforma dos sanitários	15	4.000,00	266,66
05	Revisão do sistema elétrico	07	4.000,00	571,42
06	Demolição, revisão e concretagem de piso interno	12	12.000,00	1000,00
07	Demolição, revisão e concretagem de piso externo e calçadas	10	5.000,00	500,00
08	Pintura interna e externa	18	10.000,00	555,00

Fonte: Cronograma e orçamento da obra

Na tabela abaixo são indicadas quais as atividades que estarão sujeitas aos eventos meteorológicos por serem realizadas em ambiente externo;

Tabela 2 – Atividades externas

Sequência	Atividades	Dias úteis de serviço
01	Revisão e reforma do telhado, calhas e rufos	10
02	Revisão reforma e substituição dos vitrôs e janelas	10
03	Revisão e reforma e substituição dos muros frontais e grades	12
07	Demolição, revisão e concretagem de piso externo e calçadas	10
08	Pintura externa	09

Fonte: Cronograma e orçamento da obra

O cronograma físico da obra sem as alterações devido a meteorologia e apresentado no quadro abaixo

Figura 4 - Cronograma físico e financeiro sem alterações.

		Iniciada em:	17-fev-20								
		Término Previsto em:	24-jun-20								
		Nº Etapas planejadas:	8								
		Total Investimento Previsto:	R\$ 55.000,00								
		Preencha apenas as células com esse amarelo como cor de fundo!		Total do mês		R\$ 8.000,00	R\$ 12.000,00	R\$ 8.000,00	R\$ 15.000,00	R\$ 12.000,00	
				Total acumulado		R\$ 8.000,00	R\$ 20.000,00	R\$ 28.000,00	R\$ 43.000,00	R\$ 55.000,00	
Etapa	Descrição da Etapa	Total (R\$)	Início da Etapa	Término da Etapa	Período (Dias úteis)	fev/20	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	
1	Revisão e reforma do telhado	R\$ 8.000,00	17-fev-20	28-fev-20	10	R\$ 8.000,00 100,0%	R\$ - 0,0%	R\$ - 0,0%	R\$ - 0,0%	R\$ - 0,0%	
2	Vitrões e Janelas	R\$ 4.000,00	2-mar-20	13-mar-20	10		R\$ 4.000,00 100,0%		R\$ - 0,0%	R\$ - 0,0%	
3	Muros e grades	R\$ 8.000,00	16-mar-20	31-mar-20	12		R\$ 8.000,00 100,0%				
4	Sanitários	R\$ 4.000,00	1-abr-20	21-abr-20	15	R\$ - 0,0%		R\$ 4.000,00 100,0%			
5	Revisão sistema elétrico	R\$ 4.000,00	22-abr-20	30-abr-20	7			R\$ 4.000,00 100,0%			
6	Piso interno	R\$ 12.000,00	1-mai-20	18-mai-20	12				R\$ 12.000,00 100,0%		
7	Piso externo, calçadas	R\$ 5.000,00	19-mai-20	4-jun-20	10				R\$ 3.000,00 60,0%	R\$ 2.000,00 40,0%	
8	Pintura interna e externa	R\$ 10.000,00	1-jun-20	24-jun-20	18			R\$ - 0,0%		R\$ 10.000,00 100,0%	

Fonte: Cronograma físico e financeiro da obra

Em relação ao período da obra, a qual se inicia no mês de fevereiro e se estende até o final de junho, podemos utilizar a tabela de descrição e caracterização dos fenômenos atmosféricos mais frequentes no território brasileiro para avaliar quais eventos e intensidades as atividades no canteiro de obras podem ser influenciadas.

Figura 5 - Fenômenos atmosféricos

Sistema Meteorológico	Tipo	Regiões de influências	Efeito na precipitação	Efeito no vento	Efeito na radiação	Periodicidade de	Principais meses de ocorrência
ZCIT – Zona de convergência intertropical	Grande escala	Região Nordeste do Brasil	Chuvas Intensas	Menores valores de velocidade do vento	Menores valores de radiação	Vários dias podendo alcançar longas distâncias	Fevereiro a maio
Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul	Grande Escala	Região Nordeste e Sudeste	-Ausência de chuvas -Contribui para o transporte de umidade para o continente, favorecendo precipitação no verão	- Ventos no Quadrante Leste - Ventos mais fortes a Leste do sistema	Período de veranico Dias de céu claro	Vários dias e possui maior ocorrência no inverno	Verão e Inverno
Alta na Bolívia	Grande Escala	Todas as regiões (Norte e Nordeste)	Poucas chuvas	Ventos fracos	Maior atividade convectiva	Vários dias	Verão

CCM Complexo Convectivo de Mesoescala	Mesoescala	Todas as regiões	Chuvas intensas e rápidas	Ventos fortes inicialmente e a passagem do sistema	Nebulosidade sem radiação	Horas	Principalmente no verão
SF – Sistema frontal	Grande escala	Sul, Sudeste e parte do NEB.	Chuvas	Inicialmente ventos fortes; após a passagem, ventos fracos	Sem valores de radiação	Dias da semana	Ao longo do ano
LI – Linha de instabilidade	Mesoescala	Norte e Nordeste	Chuvas fortes e rápidas	Ventos moderados	Sem radiação	Horas ou formação no final da tarde Ao longo do ano	
VCAN sub. Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis	Mesoescala	Sul e Sudeste	Sem Chuvas	Ventos mais intensos em superfície	Sem radiação	Dias a Semanas	Qualquer época do ano
VCAN trop. Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis Tropicais	Mesoescala	Nordeste	Chuvas	Ventos mais intensos em superfícies	Sem radiação	Dias a semanas	Primavera, Verão e Outono
ZCAS Zonas de Convergências do Atlântico Sul	Grande Escala	Sul da Amazônia a até Sudeste do Brasil	Chuvas intensas	Ventos Moderados e Fortes	Sem Radiação	Dias	Verão
Brisas Marítimas e Terrestres	Escala Local	Regiões litorâneas	Chuvas rápidas	Ventos Moderados	Períodos sem radiação	Horas	Qualquer época do ano (Depende da região)
ZCOU – Zona de Convergência do Atlântico Sul	Grande Escala	Sul da Amazônia a até Sudeste do Brasil	Chuvas Intensas	Ventos e Moderados e Fortes	Sem Radiação	Dias	Verão

Fonte - Descrição e caracterização dos fenômenos atmosféricos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ALVES, Rita de Cássia Marques SOUZA, Ludmila Pochmann.

Na tabela abaixo, ainda podemos avaliar os eventos meteorológicos com precipitações para região da grande São Paulo no período de fevereiro a junho, o qual inicia-se no final do verão e se estende até o fim de outono.

Tabela 3 – Eventos meteorológicos na região da grande São Paulo no período de fevereiro a julho

Eventos Meteorológicos	Intensidade	Periodicidade
CCM Complexo Convectivo de Mesoescala	Chuvas intensas	Horas
Sistema frontal	Chuvas leves a intensas	Dias
ZCAS Zonas de Convergências do Atlântico Sul	Chuvas Intensas	Dias

Fonte: Descrição e caracterização dos fenômenos atmosféricos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ALVES, Rita de Cássia Marques SOUZA, Ludmila Pochmann.

Através de dados meteorológico e estatísticas podemos avaliar os dias ou períodos chuvosos em relação ao cronograma da obra. Como o início dos trabalhos estão sob influência do clima do verão, atividades como alvenaria externa, concretagem, pintura externa, estarão sujeitas a interrupções ou perdas devido às históricas chuvas de verão na região Sudeste.

Com o cronograma e planejamento indicando o início das atividades no canteiro de obras em fevereiro e a provável finalização entre junho e julho, podemos obter os índices de precipitação estimados a cada mês.

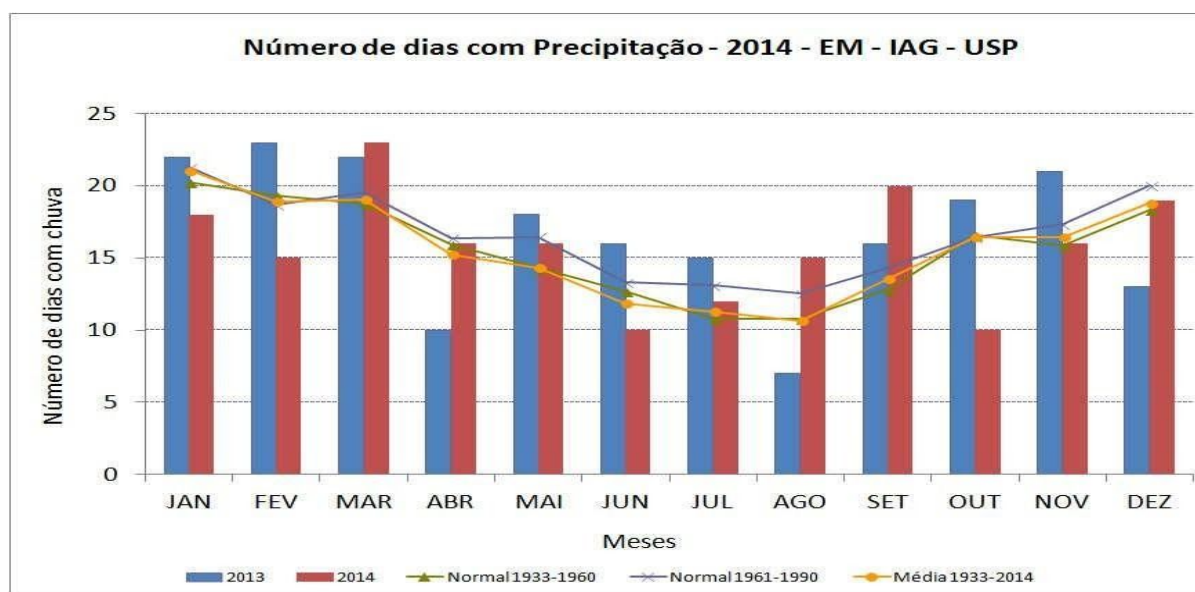
Tabela 4 – Índice de precipitação estimado para grande São Paulo no período de março a julho

Mês	Precipitação (mm)
Fevereiro	210
Março	165
Abril	80
Mai	65
Junho	50
Julho	45

Fonte: IAG/USP

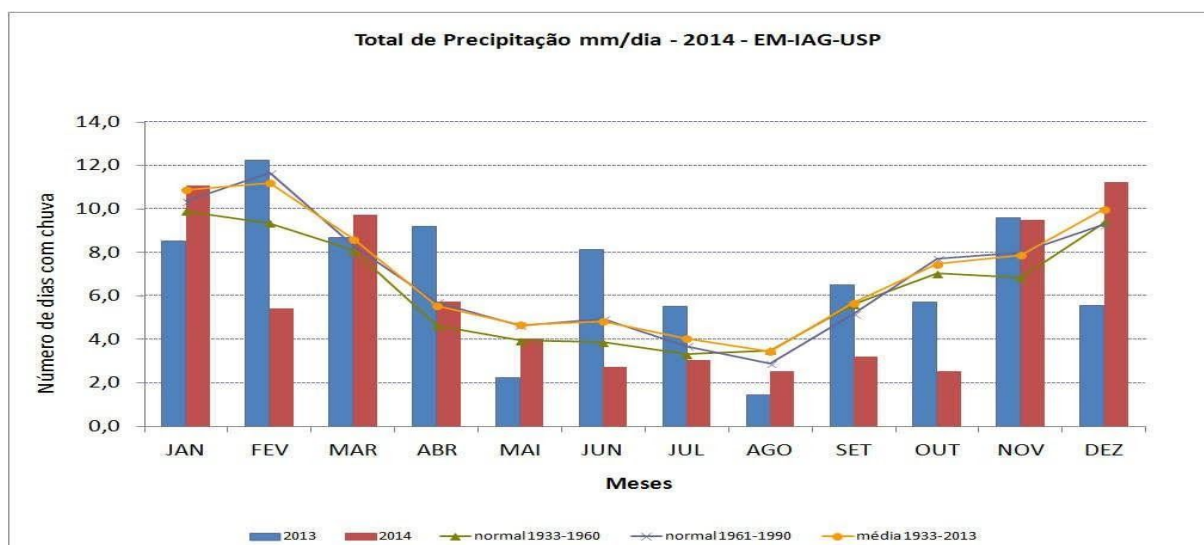
Ainda em consulta as estatísticas meteorológicas de anos anteriores, oriundos do instituto de Astronomia e Geofísica da Universidade de São Paulo, obtemos a média dos últimos 80 anos, com dias de precipitações mês a mês e a média de precipitação por dia.

Figura 5 - Número de dias com precipitação



Fonte - Boletim Climatológico IAG USP

Figura 6 – Precipitação em mm por dia



Fonte - Boletim Climatológico IAG USP

Em análise as duas tabelas do Boletim climatológico anual da estação meteorológica do IAG/USP, obtemos os seguintes resultados.

Tabela 5 – Média de dias com precipitação e média diária de precipitação

Mês	Média de dias com precipitação	Média diária de precipitação mm/dia
Fevereiro	19	11
Março	19	9
Abril	15	6
Mai	14	5
Junho	12	5
Julho	11	4
Total	71	6,12

Fonte: Boletim Climatológico IAG USP

Para uma estimativa de dias parados em função da precipitação e mudanças no cronograma foi utilizado a metodologia descrita por (Mendes 2006; apud Coelho e Back, 2015, pag. 5) a qual relaciona a intensidade de chuva (mm/dia) com a parcela de interferência em um dia de trabalho (percentual de dia paralisado). De acordo com este critério chuva entre 5 e 10 mm implicam no equivalente a um quarto (0,25) do dia parado; dias com chuva entre 10 e 15 mm tem-se metade (0,50) do dia parado; chuvas entre 15 e 20 mm determina três quartos (0,75) do dia parado e para chuva acima de 20 mm implicam em um dia parado.

Tabela 6 – Relação entre intensidade de chuva e dia paralisado.

Intensidade da chuva (mm/dia)	Interferência (dia paralisado)
≤ 5	0,00
>5 e ≤ 10	0,25
> 10 e ≤ 15	0,50
> 15 e ≤ 20	0,75
> 20	1,00

Fonte: Estimativa dos dias parados em obras de engenharia em função da chuva, Coelho e Back, (2015)

Abril:

Dias totais paralisados em função da chuva = 3,75

Dias totais no mês = 30

Tx. de probabilidade de dias paralisados/mês = 12,5%

Dias úteis no mês (segunda a sexta) = 22

Probabilidade de dias úteis paralisados = 2,75 dias

Tabela 8 – Dias úteis paralisados em função da precipitação

Mês	Dias úteis	Dias paralisados em função da precipitação	Dias úteis paralisados em função da precipitação
Fevereiro	20	9,5	6,56
Março	22	4,75	3,36
Abril	22	3,75	2,75
Mai	21	0	0
Junho	22	0	0
Julho	23	0	0
Total	130	18,25	12,67

Fonte: Próprio autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise das estatísticas dos meses o qual a obra ocorreu e aplicando a metodologia de (Mendes 2006; apud Coelho e Back, 2015) a qual determina taxas em porcentagem de um dia de serviço em relação ao índice pluviométrico no dia, conclui-se que para o mês de fevereiro, o número de dias úteis paralisados se aproxima de 7. Para o mês de março o número de dias úteis parados se aproxima de 3, em relação a abril, o número de dias úteis paralisados se aproxima de 3. Em relação aos meses de maio, junho e julho os índices pluviométricos estatísticos não demonstram dias paralisados em relação ao índice de precipitação.

Aplicando o número de dias úteis paralisados ao cronograma físico e financeiro e derivando uma média de custo material/mão de obra por dia, concebendo que vai haver perda de material, mão de obra e retrabalho nos dias com altos índices de precipitação, podemos chegar a uma nova tabela de dias gastos por atividade.

Tabela 9 – Dias úteis adicionados por atividade em função da precipitação

Atividade no canteiro de obras	Mês	Dias úteis de atividade	Tx de probabilidade de dias úteis paralisados	Dias úteis adicionados a atividade em função da precipitação
Revisão e reforma do telhado	Fevereiro	10	32,76%	3,28
Vitrôs e janelas	Março	10	15,3%	1,53
Muros e grades	Março	12	15,3%	1,84
Demais atividades	Abril a julho	62	4,43%	1,0

Fonte: Próprio autor.

Utilizando a mesma metodologia de compensação e acrescentando mais dias para cada fase da obra afetada pelos índices estimados de precipitação e conseqüentemente um custo maior por cada atividade do projeto, chegamos a um novo cronograma físico e financeiro.

Figura 7 – Cronograma físico e financeiro com a previsão de precipitação

		Iniciada em:	17-fev-20									
		Término Previsto em:	6-jul-20									
		Nº Etapas planejadas:	8									
		Total Investimento Previsto:	R\$ 59.533,00									
		Preencha apenas as células com esse amarelo com o cor de fundo!		Total do mês	R\$ 10.400,00	R\$ 9.466,00	R\$ 8.667,00	R\$ 17.000,00	R\$ 11.778,00	R\$ 2.222,00		
				Total acumulado	R\$ 10.400,00	R\$ 19.866,00	R\$ 28.533,00	R\$ 45.533,00	R\$ 57.311,00	R\$ 59.533,00		
Etapa	Descrição da Etapa	Total (R\$)	Início da Etapa	Término da Etapa	Duração (Dias úteis)	fev/20	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	
1	Revisão e reforma do telhado	R\$ 10.400,00	17-fev-20	4-mar-20	13	R\$ 10.400,00 100,0%	R\$ - 0,0%	R\$ - 0,0%	R\$ - 0,0%	R\$ - 0,0%	R\$ - 0,0%	
2	Vitrôs e Janelas	R\$ 4.800,00	5-mar-20	20-mar-20	12	0,0%	R\$ 4.800,00 100,0%	0,0%	R\$ - 0,0%	R\$ - 0,0%	R\$ - 0,0%	
3	Muros e grades	R\$ 9.333,00	23-mar-20	9-abr-20	14	0,0%	R\$ 4.666,00 50,0%	R\$ 4.667,00 50,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
4	Sanitários	R\$ 4.000,00	10-abr-20	30-abr-20	15	R\$ - 0,0%	0,0%	R\$ 4.000,00 100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
5	Revisão sistema elétrico	R\$ 4.000,00	1-mai-20	11-mai-20	7	0,0%	0,0%	0,0%	R\$ 4.000,00 100,0%	0,0%	0,0%	
6	Piso interno	R\$ 12.000,00	12-mai-20	27-mai-20	12	0,0%	0,0%	0,0%	R\$ 12.000,00 100,0%	0,0%	0,0%	
7	Piso externo, calçadas	R\$ 5.000,00	28-mai-20	10-jun-20	10	0,0%	0,0%	0,0%	R\$ 1.000,00 20,0%	R\$ 4.000,00 80,0%	0,0%	
8	Pintura interna e externa	R\$ 10.000,00	11-jun-20	6-jul-20	18	0,0%	0,0%	R\$ - 0,0%	0,0%	R\$ 7.778,00 77,8%	R\$ 2.222,00 22,2%	

Fonte: Cronograma físico e financeiro.

Com o cronograma físico já modificado em relação às estatísticas de precipitações no período das atividades do canteiro de obras, podemos fazer algumas comparações entre tempo gasto e custos.

Tabela 11 – Custo por atividade com a estimativa de precipitação

Atividade no canteiro de obras	Dias úteis de trabalho sem estimativa de precipitação	Custo por atividade sem estimativa de precipitação (R\$)	Custo por dia das atividades (R\$)	Dias úteis de trabalho com estimativa de precipitação	Custo por atividade com estimativa de precipitação (R\$)
Revisão e reforma de telhado	10	8.000,00	800,00	13	10.400,00
Vitrôs e janelas	10	4.000,00	400,00	12	4.800,00
Muros e grades	12	8.000,00	666,66	14	9.333,00
Sanitários	15	4.000,00	266,66	15	4.000,00
Revisão sistema elétrico	07	4.000,00	571,42	07	4.000,00
Piso interno	12	12.000,00	1.000,00	12	12.000,00
Piso externo e calçadas	10	5.000,00	500,00	10	5.000,00
Pintura interna e externa	18	10.000,00	555,55	18	10.000,00
TOTAL	94	55.000,00	-----	101	59.533,00

Fonte: Cronograma físico e financeiro

Após análise do cronograma com a inclusão da estatística meteorológica podemos realizar os ajustes necessários para diminuir perdas materiais, dias parados e consequentemente perdas financeiras.

Alterando a ordem e sequência dos serviços no canteiro de obras, considerando o mês de fevereiro e março como os mais críticos em relação às chuvas e o mês de abril ainda com índices consideráveis de precipitação podemos trocar a sequência das atividades no canteiro de obras, colocando as que são menos suscetíveis às condições externas para o mês de fevereiro, março e abril e as suscetíveis para maio, junho e julho, meses estatisticamente com menores índices de precipitação. Com tais modificações, foi elaborado um novo cronograma físico financeiro, apontando novos resultados com perdas mínimas ou inexistentes.

Figura 8 – Cronograma físico e financeiro com nova sequência de atividades

		Iniciada em:	17-fev-20							
		Término Previsto em:	26-jun-20							
		Nº Etapas planejadas:	9							
		Total Investimento Previsto:	R\$ 55.400,00							
		Preencha apenas as células com esse amarelo como cor de fundo!			Total do mês	R\$ 2.666,00	R\$ 15.334,00	R\$ 11.400,00	R\$ 12.500,00	R\$ 13.500,00
					Total acumulado	R\$ 2.666,00	R\$ 18.000,00	R\$ 29.400,00	R\$ 41.900,00	R\$ 55.400,00
Etapa	Descrição da Etapa	Total (R\$)	Início da Etapa	Término da Etapa	Duração (Dias úteis)	fev/20	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20
1	Sanitários	R\$ 4.000,00	17-fev-20	6-mar-20	15	R\$ 2.666,00 66,7%	R\$ 1.334,00 33,4%	R\$ - 0,0%	R\$ - 0,0%	R\$ - 0,0%
2	Revisão sistema elétrico	R\$ 4.000,00	9-mar-20	17-mar-20	7	0,0%	R\$ 4.000,00 100,0%	0,0%	R\$ - 0,0%	R\$ - 0,0%
3	Piso interno	R\$ 12.000,00	18-mar-20	2-abr-20	12	0,0%	R\$ 10.000,00 83,3%	R\$ 2.000,00 16,7%	0,0%	0,0%
4	Pintura interna	R\$ 5.000,00	3-abr-20	15-abr-20	9	R\$ - 0,0%	0,0%	R\$ 5.000,00 100,0%	0,0%	0,0%
5	Vitrês e janelas	R\$ 4.400,00	16-abr-20	30-abr-20	11		0,0%	R\$ 4.400,00 100,0%	0,0%	0,0%
6	Muros e grades	R\$ 8.000,00	1-mai-20	18-mai-20	12		0,0%	0,0%	R\$ 8.000,00 100,0%	0,0%
7	Piso externo, calçadas	R\$ 5.000,00	19-mai-20	1-jun-20	10		0,0%	0,0%	R\$ 4.500,00 90,0%	R\$ 500,00 10,0%
8	Pintura externa	R\$ 5.000,00	2-jun-20	12-jun-20	9		0,0%	R\$ - 0,0%	0,0%	R\$ 5.000,00 100,0%
9	Revisão e reforma do telhado	R\$ 8.000,00	15-jun-20	26-jun-20	10		0,0%	R\$ - 0,0%	0,0%	R\$ 8.000,00 100,0%

. Fonte: Cronograma físico e financeiro

CONCLUSÕES

O conhecimento da meteorologia e a avaliação das estatísticas climáticas devem ser usadas como ferramentas para o gestor de projetos e execuções de obras de engenharia. Na pesquisa elaborada podemos avaliar algumas conclusões que podem ser agregadas tanto a nível acadêmico, mas também como experiência profissional;

- 1- Meses como dezembro, janeiro, fevereiro e março tem altos índices de precipitação na região sudeste, cronogramas de obras executadas neste período devem ser reavaliadas considerando tais fenômenos.
- 2- O uso de estatísticas de vários anos, podem não oferecer uma premissa totalmente confiável, mas trazem tendências anuais com grande índice de assertividade para o uso no planejamento de projetos.
- 3- No estudo de caso exposto, pudemos avaliar perdas financeiras e atrasos no cronograma das atividades com a aplicação das estatísticas meteorológicas no cronograma físico e financeiro, prognosticando que vai haver atrasos nas atividades, degradação de materiais e provável retrabalho.
- 4- As perdas financeiras e atrasos estão apresentadas na tabela abaixo;

Tabela 12 – Aumento do custo no cronograma

Mês	Índice pluviométrico estimado por estatísticas (mm)	Dias úteis adicionados ao cronograma	Custo adicionado ao cronograma (R\$)	Aumento do custo no período
Fevereiro a julho	615	07	4.333,00	8,24%

Fonte: Cronograma físico e financeiro

- 5- A execução atravessou o período do ano entre o final do verão com dias chuvosos (fevereiro e março) e início do inverno com dias secos (junho e julho), podemos constatar que os atrasos no cronograma foram maiores no verão, ocasionando perdas no planejamento até o final das atividades.
- 6- A intervenção simulada do gestor no cronograma físico/financeiro trocando a sequência das atividades a qual estavam expostas as precipitações, para o outono e inverno, e as atividades de reforma a serem executadas na parte interna do galpão, como reforma de sanitários, piso interno e pintura interna e revisão do sistema elétrico, para o verão, se mostrou eficaz, pois cortou as perdas financeiras para zero e reduziu os dias de trabalho/retrabalho devido às chuvas como apresenta as tabelas abaixo

Tabela 13 – Sequência das atividades com a inclusão de dias trabalhados por atividade devido às chuvas no período.

Atividade no canteiro de obras	Dias úteis de trabalho	Custo por atividade (R\$)	Início da etapa	Término da etapa
1 - Revisão e reforma de telhado	13	10.400,00	17/02/2020	04/03/2020
2 - Vitrôs e janelas	12	4.800,00	05/03/2020	20/03/2020
3 - Muros e grades	14	9.333,00	23/03/2020	09/04/2020
4 - Sanitários	15	4.000,00	10/04/2020	30/04/2020
5 - Revisão sistema elétrico	07	4.000,00	01/05/2020	11/05/2020
6 - Piso interno	12	12.000,00	12/05/2020	27/05/2020
7 - Piso externo e calçadas	10	5.000,00	28/05/2020	10/06/2020
8 - Pintura interna e externa	18	10.000,00	11/06/2020	06/07/2020
TOTAL	101	59.533,00	-----	-----

Fonte: Cronograma físico e financeiro

Tabela 14 – Sequência das atividades com os ajustes para perdas mínimas devido às chuvas no período.

Atividade no canteiro de obras	Dias úteis de trabalho	Custo por atividade (R\$)	Início da etapa	Término da etapa
1 - Sanitários	15	4.000,00	17/02/2020	06/03/2020
2 – Revisão do sistema elétrico	07	4.000,00	09/03/2020	17/03/2020
3 – Piso interno	12	12.000,00	18/03/2020	02/04/2020
4 – Pintura interna	09	5.000,00	03/04/2020	15/04/2020
5 – Vitrôs e janelas	11	4.400,00	16/04/2020	30/04/2020
6 – Muros e grades	12	8.000,00	01/05/2020	18/05/2020
7 - Piso externo e calçadas	10	5.000,00	19/05/2020	01/06/2020
8 - Pintura externa	09	5.000,00	02/06/2020	12/06/2020
9 – Revisão e reforma do telhado	10	8.000,00	15/06/2020	26/06/2020
TOTAL	95	55.400,00	----	-----

Fonte: Cronograma físico e financeiro

Tabela 15 – Comparativo dias úteis de trabalho para a mudança do cronograma físico e financeiro

Data inicial final das obras sem a estimativa de precipitação	Dias úteis de trabalho totais sem estimativa de precipitação	Data inicial e final das obras com a estimativa de precipitação	Dias úteis de trabalho totais com a estimativa de precipitação	Data inicial e final das obras com a intervenção no cronograma	Dias úteis de trabalho totais com a intervenção no cronograma
17/02/2020	94	17/02/2020	101	17/02/2020	95
24/06/2020		06/07/2020		26/06/2020	

Fonte: Cronograma físico e financeiro

7- Como conclusão final, mesmo considerando as análises estatísticas uma aproximação da realidade e que o custo por dia das atividades pode ter uma variação para mais ou para menos, a economia financeira com a intervenção no cronograma físico foi de 8,24% globalmente (período total das atividades). Em relação aos dias úteis de atividade da mão de obra, obteve-se uma redução global de quase 6% ou 6 dias úteis no período total das atividades e uma redução de custos de R\$4.333,00 retornando aos valores do planejamento inicial.

Referências Bibliográficas

ALVES, Nadine. **4 Motivos para utilizar aplicativos de gestão de projetos na sua empresa. (09/04/2018)**. Disponível em:
<https://constructapp.io/pt/aplicativos-de-gestao-de-projetos/>

BRANDALISE, Diego. **A Importância do Gerenciamento do Tempo em Construção Civil**. Fundação Getúlio Vargas programa FGV management MBA em gerenciamento de projetos, 2017.

COELHO, D. M.; BACK, A.J. **Estimativa dos dias parados em obras de engenharia em**

função da chuva. Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2015. 15 p.

NASCIMENTO, Leticia Maria Fritzen; FELDMANN, Rafael. **Análise por meios estatísticos das etapas de execução das obras de edificações que mais afetam os atrasos nos cronogramas.** 2013. 65 Fls. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso Superior de Engenharia de Produção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2013

NEVES, Glauco Silva. **Gerenciamento de projetos em dispositivos móveis uma evolução ao dotproject.** Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2011

NETO, Neuton José Ribeiro; FALCÃO, Viviane Adriano. **Planejamento de obras viárias aplicando algoritmo genético.** Universidade Federal do Triângulo Mineiro Departamento de Engenharia Civil. 32º Congresso de Pesquisa e Ensino de Transporte da APET.

QUEIROZ, Mario Nalon. **Programação e controle de obras.** 2011 Disponível em: www.ufjf.br/pares/files/2009/09/APOSTILA-PCO-JAN-20121.pdf

RIBEIRO, Rafaella Larissa Santos. **Ações devidas ao clima sobre os materiais de construção em regiões tropicais** - Recife: O Autor, 2013. 92 folhas, il., gráfs., tabs.

USP Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. **Boletim climatológico**, (EM-IAG-USP). Disponível em: www.estacao.iag.usp.br/seasons/index.php.

YURI Ynoue, Rita. et al. **Meteorologia Noções Básicas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 181p.