



26º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

INFLUÊNCIA DAS CHUVAS NA IMPRODUTIVIDADE DE OBRAS DE TERRAPLENAGEM E PAVIMENTAÇÃO NA CIDADE DE ARACAJU/SE

Flavia Santos Cardoso¹ & Zacarias Caetano Vieira¹

RESUMO

As chuvas causam impactos significativos na execução de obras, especialmente terraplanagem e pavimentação. Cronogramas que não consideram esses impactos levam ao não cumprimento do prazo, aumento dos custos e redução da qualidade das obras. Diante do exposto, este artigo objetiva determinar a improdutividade em obras de pavimentação e terraplenagem na cidade de Aracaju/SE em virtude das chuvas. Inicialmente foram obtidos dados de precipitação de chuvas em Aracaju/SE. Em seguida, realizou-se o tratamento dos dados para gerar o fator de improdutividade de cada mês. Posteriormente, foram determinados os dias úteis totais de cada mês e aplicando o fator de produtividade calculado, foram estimados os dias úteis trabalháveis e improdutivos. Os resultados mostraram que o período de Abril a Julho não é apropriado para se executar obras de grande afetação pelas chuvas, visto que, há muitos dias improdutivos por decorrência dos eventos de precipitação. Conclui-se que: a) O regime pluviométrico de Aracaju/SE afeta consideravelmente a produtividade de obras de pavimentação e terraplenagem; b) É indispensável conhecer os impactos gerados pelas chuvas, para que se possa realizar um planejamento adequado; c) As improdutividades decorrentes das chuvas devem ser consideradas ainda na fase de planejamento, visando assim, atenuar seu impacto no cronograma físico-financeiro da obra.

PALAVRAS-CHAVE: Improdutividade; Águas pluviais; Pavimentação; Terraplenagem.

ABSTRACT

Rains cause significant impacts on the execution of works, especially earthmoving and paving. Schedules that do not consider these impacts lead to non-compliance with deadlines, increased costs and reduced quality of works. Given the above, this article aims to determine the unproductivity of paving and earthmoving works in the city of Aracaju/SE due to rain. Initially, rainfall data was obtained in Aracaju/SE. The data was then processed to generate the unproductivity factor for each month. Subsequently, the total working days of each month were determined and applying the calculated productivity factor, the workable and unproductive working days were estimated. The results showed that the period from April to July is not suitable for carrying out works that are highly affected by rain, as there are many unproductive days due to precipitation events. In conclusion: a) The pluviometric regime in Aracaju/SE considerably affects the productivity of paving and earthmoving works; b) It is essential to know the impacts generated by rain, so that adequate planning can be carried out; c) Unproductive activities resulting from rain must be considered during the planning phase, thus aiming to mitigate their impact on the physical-financial schedule of the work.

KEY WORDS: Unproductivity; Rainwater; Paving; Earthworks.

¹ Instituto Federal de Sergipe, Curso de Engenharia Civil, fcardoso0063@gmail.com; zacariascaetano@yahoo.com.br



INTRODUÇÃO

Diante do cenário atual da construção civil, de alta competitividade e maior grau de exigência dos clientes, é imprescindível realizar ações voltadas para a fase de planejamento e controle das obras, buscando-se elaborar um cronograma, e posteriormente, realizar a análise de praticabilidade das atividades. A Câmara Brasileira da Indústria e da Construção, define a praticabilidade como uma relação entre a quantidade de horas produtivas disponíveis após deduções decorrentes do estudo da obra (CBIC, 2021). Conforme relata Barreto et al. (2023), essa praticabilidade pode ser analisada em períodos chuvosos, já que a chuva inviabiliza a produção de frentes de serviços, impactando no cronograma da obra e assim, gerando maiores deduções horárias em cima das horas disponíveis da jornada de trabalho.

Geralmente, quando se calcula o tempo necessário para execução das atividades não se considera a incidência de fatores improdutivo e deduções horárias. Dentre esses fatores, têm-se as chuvas, que causam improdutividade que incidem no prazo real das atividades como um percentual multiplicador, que depende da época do ano, da intensidade das chuvas e do tipo de serviço a ser executado (BARRETO *et al.*, 2023). Segundo Mattos (2016), a depender da intensidade das chuvas, elas podem não afetar em nada ou afetar todo o dia de trabalho, e em casos com maior precipitação, pode-se afetar o dia posterior e até mesmo dois dias após cessar as chuvas, sendo essa condição denominada fator de retomada, que é o tempo que o material leva para restabelecer sua umidade em um grau que possa ser trabalhado.

A elaboração de um cronograma deve levar em conta todos os aspectos que podem influenciar a programação da obra, de modo a evitar problemas como falta de material, imprevistos climáticos e baixo efetivo de funcionários (FORMENTINI, 2017). Dentro desse contexto, Farias (2022) indica que para a realização do cronograma é de suma importância correlacionar o período de chuva da região com cada etapa da obra, evitando assim a paralisação parcial, ou total, das atividades nos períodos de execução de serviços. Em algumas localidades do nosso país, em razão de um regime hidrológico bem definido, em determinados períodos a realização dos serviços de obras rodoviárias se torna impraticável, sendo as atividades de execução dessas obras, normalmente paralisadas ou sensivelmente reduzidas, podendo essas paralisações serem previstas e gerarem um impacto em alguns custos da obra (ROCHA, 2018).

Construções de estradas, serviços de terraplenagem e pontes, são altamente sensíveis às chuvas, o que não só provoca uma redução direta na produtividade da atividade, mas também causa um impacto indireto durante e após a cessação das chuvas (PAN, 2005). Segundo esse mesmo autor, o impacto indireto é atribuído à incapacidade dos colaboradores da construção a trabalhar, à dificuldade de operar máquinas e à incapacidade de utilizar material de construção devido à grande quantidade de água absorvida. Chuvas fortes muitas vezes levam à suspensão completa da construção de rodovias devido às condições impraticáveis de solo saturado (EL-RAYES, K.; MOSELHI, 2001).

Borges Júnior e Barros (2020) analisaram os atrasos em obras de pavimentação asfáltica, apontando as causas de desvios de prazo mais frequentes de acordo com uma revisão da literatura internacional e três estudos de caso no estado de São Paulo. Segundo esses autores, o primeiro colocado na causa de atrasos das obras de pavimentação estudadas foi o item tempo/condições



meteorológicas. Ou seja, a chuva foi o fator de grande impacto para desvios de prazo nessas obras. Além do mais, vale ressaltar que não é permitida a execução das atividades em dias de chuva (DER/SP, 2005 *apud* BORGES JÚNIOR, BARROS, 2020).

Os atrasos causados pela chuva podem revelar-se dispendiosos para os executores das obras e afetar significativamente a rentabilidade a longo prazo se não forem cuidadosamente considerados durante as fases de planejamento (FORD; PATTERSON; SIMS, 2009).

As chuvas são consideradas um importante fator de incerteza que tem impactos adversos na produtividade e na duração das atividades de construção de rodovias. Na prática, dada a localização, tipo, data de início e duração original das atividades, uma abordagem comum para os planejadores avaliarem o efeito da chuva é adicionar uma certa porcentagem de tempo às tarefas. No entanto, este método depende principalmente da experiência e do julgamento subjetivo desses planejadores, que podem não estar familiarizados com o padrão de precipitação e o seu impacto na produtividade das operações e, portanto, muitas vezes produz resultados imprecisos (PAN; HADIPRIONO; WHITLATCH, 2005. p157).

Quantificar o impacto das chuvas na produtividade da construção de rodovias é essencial na preparação de cronogramas realistas e estimativas de custos (EL-RAYES, K.; MOSELHI, 2001). Nesse sentido, o novo sistema de custos do DNIT- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte prevê a utilização de um fator que considera a influência da pluviometria e de outras condições climáticas desfavoráveis sobre a eficiência dos equipamentos e a produção das equipes mecânicas e de mão de obra, a ser aplicado diretamente sobre o custo unitário de execução de alguns serviços, chamado de Fator de Influência de Chuvas (DNIT, 2017). De acordo com Rocha (2018) o fator de influência de chuvas é utilizado apenas para correção das produções estimadas dos serviços,



em função do tratamento da série histórica das estações pluviométricas, não tendo por objetivo definir o cronograma.

OBJETIVOS

Realizar uma análise dos dados pluviométricos diários na cidade de Aracaju entre o período de março/1951 e junho/2019, e determinar a improdutividade em obras de pavimentação e terraplenagem decorrente do regime pluviométrico local.

METODOLOGIA

Área de estudo

Foi adotada a cidade de Aracaju que é, conforme relatam Duarte, Santos e Castelhana (2021), uma cidade litorânea e a maior unidade municipal urbanizada do estado de Sergipe, de clima tropical úmido e chuvas expressivas entre março e julho/agosto.

Metodologia

Inicialmente foram captados os dados diários de precipitação de Aracaju/SE no período de março/1951 e junho/2019. Em seguida, foram determinados, no período analisado, o total de dias de cada mês, e depois, o total de dias improdutivos no mesmo período, de acordo com os critérios de corte descritos adiante. A relação entre o total de dias improdutivos e o total de dias no período, gera para cada mês o fator de improdutividade. Por fim, foram estimados os dias úteis trabalháveis de cada mês para o ano de 2024, deduzindo sábados, domingos e feriados (nacionais, estaduais e municipais que não caíram em finais de semana), e aplicando do fator de improdutividade.

Dados de precipitação

Foram utilizados os dados pluviométricos diários da cidade de Aracaju do período de março/1951 a junho/2019. Os dados utilizados são de domínio público e são oriundos da estação pluviométrica N°



1037004 da Agência Nacional das Águas (ANA), disponível em seu site HIDROWEB. Através desses dados, foi gerado um gráfico de precipitação média (Figura 1), apresentado abaixo.

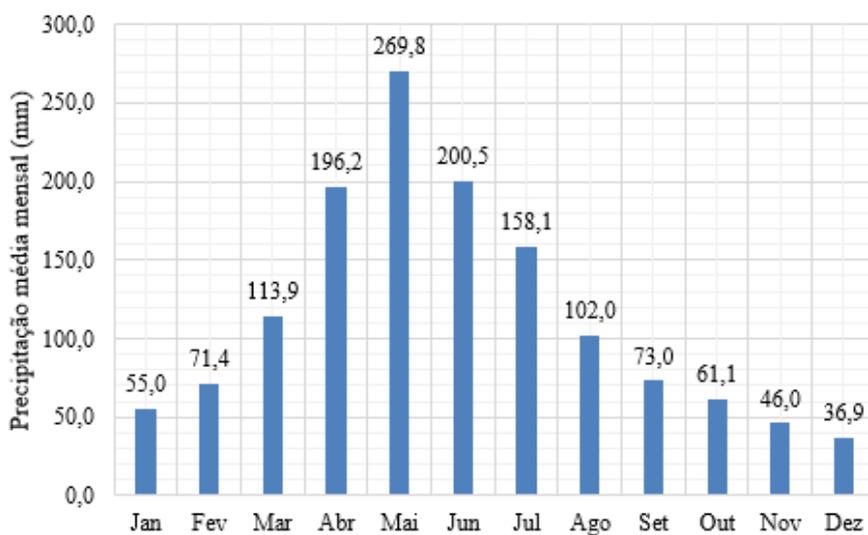


Figura 1. Precipitação média mensal (mm) de Aracaju no período de 03/1951 a 07/2019.
Fonte: Elaborado pelos autores

CrITÉRIOS de Corte de Dias Úteis com Base nas Chuvas

Foram deduzidos sábados, domingos e feriados (nacionais, estaduais e do município de Aracaju que não caíam em finais de semana), por fim, para concluir o estudo de praticabilidade das atividades, determinou-se quais dias do mês não são produtivos por ocorrências de chuvas, vinculados ao tipo de serviço a ser executado. Para determinação dos dias de chuva impraticáveis para serviços de grande



afetação pelas chuvas, como por exemplo, terraplenagem e pavimentação, foi adotado o critério de Mattos (2016) adaptado por Barreto et al. (2023):

- I. Precipitação < 5 mm – Desprezar (o dia não é afetado, a obra produz normalmente);
- II. 5 mm < Precipitação < 10 mm – O dia não é praticável;
- III. Precipitação > 10 mm – O dia da chuva e o dia seguinte não são praticáveis

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dias úteis do ano de 2024

Os dados da Tabela 1 apresentam a quantidade de dias úteis como base o ano de 2024, adotando como premissa que sábados, domingos e feriados não são trabalháveis.

Tabela 1. Dias úteis do ano de 2024.

| <i>Descrição</i> | <i>Jan</i> | <i>Fev</i> | <i>Mar</i> | <i>Abr</i> | <i>Mai</i> | <i>Jun</i> | <i>Jul</i> | <i>Ago</i> | <i>Set</i> | <i>Out</i> | <i>Nov</i> | <i>Dez</i> |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Dias do mês</i> | 31 | 29 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| <i>Sábados</i> | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| <i>Domingos</i> | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 |
| <i>Feriados</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| <i>Dias úteis</i> | 22 | 20 | 20 | 21 | 21 | 19 | 22 | 22 | 21 | 22 | 19 | 21 |

Fonte: Elaborado pelos autores

Improdutividades de cada mês

Com os dados pluviométricos, calculou-se para cada mês, o número total de dias no período histórico e o número de dias chuvosos cuja altura pluviométrica impacta no dia de serviço, ou seja, acima de 5 mm. Para os eventos chuvosos acima de 10 mm, contabilizou-se também o dia seguinte. Os dados foram compilados, resultando no percentual improdutivo (razão entre o número de dias que se



enquadram no critério pelo número de dias totais no período) para cada mês correspondente, conforme apresentado na Tabela 2, abaixo.

Tabela 2. Cálculo de Improdutividade para cada mês

| <i>Mês</i> | <i>Nº dias do mês</i> | <i>Recorrência dos meses</i> | <i>Nº dias totais no período</i> | <i>Dias de chuva entre 5 e 10mm</i> | <i>Dias de chuva superiores a 10 mm</i> | <i>Percentuais de dias improdutivos</i> |
|------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---|---|
| <i>Jan</i> | 31 | 51 | 1582 | 61 | 134 | 12,33% |
| <i>Fev</i> | 28 | 51 | 1440 | 72 | 188 | 18,05% |
| <i>Mar</i> | 31 | 52 | 1612 | 104 | 350 | 28,16% |
| <i>Abr</i> | 30 | 51 | 1530 | 137 | 516 | 42,87% |
| <i>Mai</i> | 31 | 51 | 1582 | 144 | 724 | 54,87% |
| <i>Jun</i> | 30 | 51 | 1530 | 186 | 616 | 52,42% |
| <i>Jul</i> | 31 | 49 | 1519 | 204 | 444 | 42,66% |
| <i>Ago</i> | 31 | 50 | 1550 | 163 | 274 | 28,19% |
| <i>Set</i> | 30 | 49 | 1470 | 92 | 194 | 19,46 |
| <i>Out</i> | 31 | 50 | 1550 | 51 | 146 | 12,71% |
| <i>Nov</i> | 30 | 49 | 1470 | 44 | 118 | 11,02% |
| <i>Dez</i> | 31 | 50 | 1150 | 30 | 88 | 10,26% |

Fonte: Elaborado pelos autores

Dias úteis trabalháveis e dias úteis improdutivos

Para indicação dos dias improdutivos foram aplicados os percentuais de dias improdutivos (Tabela 2) no total de dias úteis de cada mês (Tabela 1). Os dias úteis trabalháveis são determinados subtraindo dos dias úteis de cada mês os dias improdutivos. Determinou-se a jornada de trabalho, considerando as seguintes premissas: execução das atividades de segunda a sexta-feira, das 07h às 17h, com intervalo de 01h para refeição, totalizando assim, jornada diária de 9h. Com a jornada de trabalho



definida, foram obtidas as horas totais disponíveis para trabalho de cada mês. Os resultados são apresentados na Tabela 3, abaixo.

Tabela 3. Aplicação da improdutividade para expor os dias úteis trabalháveis, dias úteis improdutivos e horas disponíveis.

| | <i>Jan</i> | <i>Fev</i> | <i>Mar</i> | <i>Abr</i> | <i>Mai</i> | <i>Jun</i> | <i>Jul</i> | <i>Ago</i> | <i>Set</i> | <i>Out</i> | <i>Nov</i> | <i>Dez</i> |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Dias úteis totais disponíveis</i> | 22 | 20 | 20 | 21 | 21 | 19 | 22 | 22 | 21 | 22 | 19 | 21 |
| <i>Horas totais disponíveis</i> | 198 | 180 | 180 | 189 | 189 | 171 | 198 | 198 | 189 | 198 | 171 | 189 |
| <i>Improdutividade</i> | 12% | 18% | 28% | 43% | 55% | 52% | 43% | 28% | 19% | 12% | 11% | 10% |
| <i>Dias úteis trabalháveis</i> | 19 | 16 | 14 | 12 | 9 | 9 | 13 | 16 | 17 | 19 | 17 | 19 |
| <i>Dias úteis improdutivos</i> | 3 | 4 | 6 | 9 | 12 | 10 | 9 | 6 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| <i>Horas disponíveis</i> | 171 | 144 | 123 | 108 | 81 | 81 | 117 | 144 | 153 | 141 | 153 | 171 |

Fonte: Elaborado pelos autores

Os resultados apresentados nas Tabelas 2 e 3, indicam que o período de abril a julho não é apropriado para se executar obras de grande afetação pelas chuvas na cidade de Aracaju, visto que há muitos dias improdutivos por decorrência dos eventos de precipitação. Sendo assim, é recomendado que esses serviços sejam deslocados, sempre que possível, para o período seco, principalmente nos meses de outubro, novembro, dezembro e janeiro, para que não ocorram grandes perdas e atrasos na execução destes. Conforme relata Barreto *et al.* (2023), não sendo possível o deslocamento das



atividades para o período de menor índice de chuvas, deve-se considerar as improdutividades encontradas, de modo a contingenciar os sobrecustos decorrentes das chuvas.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que:

- a) O regime pluviométrico de Aracaju/SE afeta consideravelmente a produtividade de obras de pavimentação e terraplenagem, especialmente no período de abril a julho;
- b) É indispensável conhecer os impactos gerados pelas chuvas, para que se possa realizar um planejamento adequado, visando minimizar os riscos e garantir a eficiência;
- c) As improdutividades decorrentes das chuvas devem ser consideradas ainda na fase de planejamento, visando assim, atenuar seu impacto no cronograma físico-financeiro da obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO, G. B. et al. Impacto das chuvas dentro de um contexto histórico em obras na Região de Belo Horizonte – MG. 2023. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Belo Horizonte, Belo Horizonte, 2023.

BORGES JÚNIOR, W. M.; BARROS, J. M. de C. Causas de atrasos em obras de pavimentação asfáltica no estado de São Paulo. In: 34º CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 38., 2020, Anais [...] Evento Online: ANPET, 2020.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Caminhos para viabilizar a continuidade dos contratos impactados pela pandemia. 2021. Disponível em: https://cbic.org.br/obras-industriais/es_ES/publicacoes/. Acesso em 28 de maio de 2023.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de Custos de Infraestrutura de Transporte, 1º edição – Volume 01: Metodologia e Conceitos, Departamento Nacional de Infraestrutura



de Transportes, Diretoria Geral, Diretoria Executiva, Coordenação Geral de Custos de Infraestrutura de Transportes, Brasília, 2017.

DUARTE, T. L. S.; SANTOS, G. C.; CASTELHANO, F. J. Eventos de chuvas extremas associados aos riscos de inundações e de alagamentos em Aracaju/SE. Geosaberes, [S.L.], v. 12, p. 256, 20 jun. 2021. Revista Geosaberes. <http://dx.doi.org/10.26895/geosaberes.v12i0.1089>.

EL-RAYES, K.; MOSELHI, O. Impact of rainfall on the productivity of highway construction. Journal of construction engineering and management, v. 127, n. 2, p. 125-131, 2001.

FARIAS, B. de B. Impacto das chuvas no cronograma físico-financeiro de obras: estudo de caso de construtoras em Pernambuco. 2022. 27 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2022.

FORD, G.; PATTERSON, J.; SIMS, B. How to Determine Construction Project Rain Delay Times Using Local Rainfall Databases in Asheville, NC. In: Construction Research Congress 2009: Building a Sustainable Future. 2009. p. 380-385.

FORMENTINI, L. Análise dos fatores que afetam a programação de obras: estudo de caso na cidade de Toledo-PR. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MATTOS, A D. Gestão de custos de obra: Conceitos, boas práticas e recomendações. São Paulo: Editora Pini 2016.

PAN, N. Assessment of productivity and duration of highway construction activities subject to impact of rain. Expert Systems With Applications, [S.L.], v. 28, n. 2, p. 313-326, fev. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2004.10.011>

PAN, N.; HADIPRIONO, F. C.; WHITLATCH. A fuzzy reasoning knowledge-based system for assessing rain impact in highway construction scheduling: Part 1. Analytical model. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, v. 16, n. 3, p. 157-167, 2005.

ROCHA, G. B. L. Avaliação dos custos da administração local de obras rodoviárias com o novo sistema de custos referenciais de obras do DNIT - SICRO. 2018. 131f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) Universidade de Brasília, Brasília, 2018.