

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

TALITA DE SOUZA OLIVEIRA

**A EFICÁCIA DO PLANEJAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: análise dos  
indicadores de custo, prazo e ritmo**

Belo Horizonte

2020

TALITA DE SOUZA OLIVEIRA

**A EFICÁCIA DO PLANEJAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: análise dos  
indicadores de custo, prazo e ritmo**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Orientador: Profa. Dra. Sidnea Eliane Campos  
Ribeiro

Coorientadora: Profa. Dra. Danielle Meireles de  
Oliveira

Belo Horizonte

2020

O48e

Oliveira, Talita de Souza.

A eficácia do planejamento na construção civil [recurso eletrônico]: análise dos indicadores de custo, prazo e ritmo / Talita de Souza Oliveira. - 2021.

1 recurso online (96 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Sidnea Eliane Campos Ribeiro.  
Coorientadora: Danielle Meireles de Oliveira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Apêndice: f. 99-123.  
Bibliografia: f. 97-98.

1. Construção civil - Teses. 2. Administração – Teses. 3. Construção civil – Custos – Teses. 4. Desempenho – Teses. 5. – Teses. I. Ribeiro, Sidnea Eliane Campos. II. Oliveira, Daniele Meireles. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

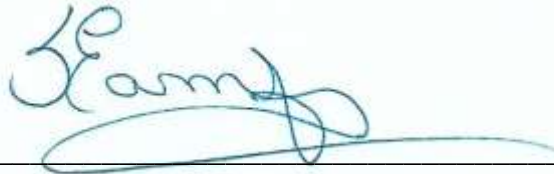
CDU: 691 (043)

TALITA DE SOUZA OLIVEIRA

**A EFICÁCIA DO PLANEJAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE DOS  
INDICADORES DE CUSTO, PRAZO E RITMO**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Construção Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

BANCA EXAMINADORA



---

Profa. Dra. Sidnea Eliane Campos Ribeiro  
Orientadora – UFMG/DEMC



---

Profa. Dra. Danielle Meireles de Oliveira  
Coorientadora – UFMG/DEMC



---

Profa. Dra. Paula Bamberg  
Banca - UFMG/DEMC



---

Profa. Dra. Luciana Magalhães  
Banca - EMGE

## **AGRADECIMENTOS**

A presente dissertação de mestrado não poderia ser concluída como foi sem o apoio significativo de várias pessoas. Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer à minha orientadora, Professora Doutora Sidnea Eliane Campos Ribeiro, por toda a paciência, empenho e sentido prático com que sempre me orientou neste trabalho. Obrigada por sua dedicação, que a fez, por muitas vezes, deixar de lado os momentos de descanso para me auxiliar e orientar. E principalmente, obrigada por ter acreditado e confiado em mim como orientada. Muito obrigada por me ter corrigido quando necessário sem nunca me desmotivar. Desejo igualmente agradecer à minha coorientadora Professora Doutora Danielle Meireles de Oliveira cujo mesmo apoio e dedicação estiveram presentes em todos os momentos. Agradeço à minha família e amigos pelo apoio incondicional que me deram, especialmente aos meus pais, irmãos, avós, tias Marylane e Maura e ao Sérgio pelas revisões incansáveis ao longo da elaboração deste trabalho e pelo profundo apoio e estímulo nos momentos mais difíceis.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela bolsa, que permitiu dois anos de formação acadêmica diferenciada e de qualidade e também à coordenação do DEMC (Departamento de Engenharia de Materiais e Construção Civil) da UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) pelo apoio durante esse período.

## RESUMO

O processo de planejamento e controle da produção está em expansão uma vez que gera benefícios que possibilitam o aumento do desempenho dos empreendimentos da construção, em relação ao custo, prazo, qualidade e segurança. Assim sendo, muitas construtoras têm dado maior importância para o desenvolvimento e implementação de sistemas de medição de desempenho. Tais sistemas contribuem para que o foco principal das atividades seja nos resultados, sendo necessário que haja um conjunto de indicadores que relacione estratégias, planos de ação e metas da empresa. O presente estudo teve como objetivo principal refinar os indicadores com que se pretende quantificar a eficácia do planejamento na construção civil. Para isso utilizou-se os indicadores de Desvios de Custo, Prazo e Ritmo e buscou-se estabelecer relações entre planejamento de curto e longo prazo. Foram avaliadas 4 obras no estado de Minas Gerais realizando uma série de análises estatísticas na obra completa e em períodos parciais permitindo a visualização dos indicadores durante a evolução da mesma. Executou-se análises estatísticas considerando três tipos de estudos: buscando observar a relação entre os indicadores, foram realizados os testes de correlação; a fim de encontrar a equação que melhor explica a relação entre as variáveis, efetuou-se análises de regressão; e com a finalidade de caracterizar as etapas de acordo com os indicadores fez-se a análise estatística descritiva. De forma geral, verificou-se que, à medida que as obras avançavam a média dos indicadores aumentava, logo a etapa correspondente a duração total dos empreendimentos apresentou melhores resultados na análise descritiva. Para as análises de correlação, o maior grau de associação observado foi entre os Desvios de Prazo e Ritmo nas etapas de 60% e 80%. Esse resultado é esperado uma vez que quanto maior o ritmo, menor é o prazo. Por meio da análise de regressão também foi possível determinar o tipo de equação mais adequado para estabelecer a relação entre os indicadores, e, em geral, o modelo cúbico foi o que apresentou os melhores resultados. Espera-se que esse estudo possa contribuir para o avanço do conhecimento sobre as relações entre os indicadores que também avaliam o desempenho da obra, reforçando a importância do planejamento e controle da produção na construção civil.

Palavras-chave: Planejamento. Desempenho. Indicadores. Custo. Prazo. Ritmo.

## **ABSTRACT**

The production planning and control process is expanding since it generates benefits that enable the increase in performance of construction projects, in relation to cost, term, quality and safety. Therefore, many construction companies have placed greater importance on the development and implementation of performance measurement systems. These systems contribute to that the main focus of activities, be in results, requiring a set of indicators related to the company's strategies, action plans and goals. The present study had as main objective to refine the indicators that intend to quantify the efficiency of planning in civil construction. For that, were used Indicators of Deviations of Cost, Term and Pace and sought to establish relationships between short and long term planning. Four works were evaluated in the state of Minas Gerais, carrying out a series of statistical analyzes in the complete work and in partial periods, allowing the visualization of the indicators during its evolution. Statistical analyzes were performed, considering three types of studies: searching to observe a relationship between indicators, were performed correlation tests; in order to find the equation that best explains a relationship between variables, regression analyzes were performed; and in order to characterize the stages according to the indicators, the descriptive statistical analysis was performed. In general, as the work progressed the average of the indicators improved, so the stage corresponding to the total construction presented better results in the descriptive analysis. For correlation analyzes, the best relationship observed was between the Deviations of Term and Rhythm in the stages of 60% and 80%. This result is expected since the higher the pace, the better the term. Through the regression analysis it was possible to determine the best type of equation to establish the relationship between the indicators, and the cubic equation was the one that presented the best results. It is hoped that this study can contribute to the advancement of knowledge about the relationships between the indicators that also evaluate the performance of the construction, reinforcing the importance of production planning and control in civil construction.

**Keywords:** Planning. Performance. Indicators. Cost. Term. Rhythm.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Correlação de Pearson .....	27
Figura 2 – Etapas de desenvolvimento da Pesquisa.....	33
Figura 3 – Gráfico: Desvio de Custo .....	43
Figura 4 – Gráfico: Desvio de Prazo .....	44
Figura 5 – Gráfico: Desvio de Ritmo .....	45
Figura 6 – Gráfico: <i>Boxplot</i> - Desvio de Custo .....	49
Figura 7 – Gráfico: <i>Boxplot</i> - Desvio de Prazo .....	50
Figura 8 – Gráfico: <i>Boxplot</i> - Desvio de Ritmo .....	50
Figura 9 – Gráfico: Modelo 7 – DC-DP (DC Dependente).....	55
Figura 10 – Gráfico: Modelo 5 – DP-DC (DP Dependente).....	57
Figura 11 – Gráfico: Modelo 2 – DP-DR (DP Dependente).....	57
Figura 12 – Gráfico: Modelo 5 – DR-DP (DR Dependente).....	59
Figura 13 – Gráfico: Modelo 7 – DC-DP (DC Dependente).....	61
Figura 14 – Gráfico: Modelo 7 – DC-DR (DC Dependente) .....	61
Figura 15 – Gráfico: Modelo 7 – DP-DC (DP Dependente).....	63
Figura 16 – Gráfico: Modelo 2 – DP-DR (DP Dependente).....	63
Figura 17 – Gráfico: Modelo 5 – DR-DP (DR Dependente).....	65
Figura 18 – Gráfico: Modelo 7 – DC-DP (DC Dependente).....	67
Figura 19 – Gráfico: Modelo 7 – DP-DC (DP Dependente).....	69
Figura 20 – Gráfico: Modelo 2 – DP-DR (DP Dependente).....	69
Figura 21 – Gráfico: Modelo 7 - DR-DC (DR Dependente) .....	71
Figura 22 – Gráfico: Modelo 5 – DR-DP (DR Dependente).....	72
Figura 23 – Gráfico: Modelo 7 – DC-DP (DC Dependente).....	74
Figura 24 – Gráfico: Modelo 5 – DC-DR (DC Dependente) .....	74
Figura 25 – Gráfico: Modelo 7 - DP-DC (DP Dependente).....	76
Figura 26 – Gráfico: Modelo 6 – DP-DC (DP Dependente).....	76
Figura 27 – Gráfico: Modelo 2 – DP-DR (DP Dependente).....	77
Figura 28 – Gráfico: Modelo 7 – DR-DC (DR Dependente) .....	79
Figura 29 – Gráfico: Modelo 5 – DR-DP (DR Dependente).....	79
Figura A.1 – Gráfico: Modelo 1 – DP-DC (DP Dependente) .....	99



Figura A.2 – Gráfico: Modelo 2 – DP-DC (DP Dependente) .....	99
Figura A.3 – Gráfico: Modelo 3 – DP-DC (DP Dependente) .....	99
Figura A.4 – Gráfico: Modelo 4 – DP-DC (DP Dependente) .....	99
Figura A.5 – Gráfico: Modelo 6 – DP-DC (DP Dependente) .....	99
Figura A.6 – Gráfico: Modelo 7 – DP-DC (DP Dependente) .....	99
Figura A.7 – Gráfico: Modelo 1 – DC-DP (DC Dependente) .....	100
Figura A.8 – Gráfico: Modelo 2 – DC-DP (DC Dependente) .....	100
Figura A.9 – Gráfico: Modelo 3 – DC-DP (DC Dependente) .....	100
Figura A.10 – Gráfico: Modelo 4 – DC-DP (DC Dependente) .....	100
Figura A.11 – Gráfico: Modelo 5 – DC-DP (DC Dependente) .....	100
Figura A.12 – Gráfico: Modelo 6 – DC-DP (DC Dependente) .....	100
Figura A.13 – Gráfico: Modelo 2 – DR-DC (DR Dependente) .....	101
Figura A.14 – Gráfico: Modelo 3 – DR-DC (DR Dependente) .....	101
Figura A.15 – Gráfico: Modelo 4 – DR-DC (DR Dependente) .....	101
Figura A.16 – Gráfico: Modelo 5 – DR-DC (DR Dependente) .....	101
Figura A.17 – Gráfico: Modelo 6 – DR-DC (DR Dependente) .....	101
Figura A.18 – Gráfico: Modelo 7 – DR-DC (DR Dependente) .....	101
Figura A.19 – Gráfico: Modelo 1 – DC-DR (DC Dependente) .....	102
Figura A.20 – Gráfico: Modelo 2 – DC-DR (DC Dependente) .....	102
Figura A.21 – Gráfico: Modelo 3 – DC-DR (DC Dependente) .....	102
Figura A.22 – Gráfico: Modelo 4 – DC-DR (DC Dependente) .....	102
Figura A.23 – Gráfico: Modelo 5 – DC-DR (DC Dependente) .....	102
Figura A.24 – Gráfico: Modelo 6 – DC-DR (DC Dependente) .....	102
Figura A.25 – Gráfico: Modelo 7 – DC-DR (DC Dependente) .....	103
Figura A.26 – Gráfico: Modelo 1 – DR-DP (DR Dependente) .....	103
Figura A.27 – Gráfico: Modelo 2 – DR-DP (DR Dependente) .....	103
Figura A.28 – Gráfico: Modelo 3 – DR-DP (DR Dependente) .....	103
Figura A.29 – Gráfico: Modelo 4 – DR-DP (DR Dependente) .....	103
Figura A.30 – Gráfico: Modelo 6 – DR-DP (DR Dependente) .....	103
Figura A.31 – Gráfico: Modelo 7 – DR-DP (DR Dependente) .....	104
Figura A.32 – Gráfico: Modelo 1 – DP-DR (DP Dependente) .....	104
Figura A.33 – Gráfico: Modelo 3 – DP-DR (DP Dependente) .....	104
Figura A.34 – Gráfico: Modelo 4 – DP-DR (DP Dependente) .....	104

Figura A.35 – Gráfico: Modelo 5 – DP-DR (DP Dependente) .....	104
Figura A.36 – Gráfico: Modelo 6 – DP-DR (DP Dependente) .....	104
Figura A.37 – Gráfico: Modelo 7 – DP-DR (DP Dependente) .....	105
Figura B.1 – Gráfico: Modelo 1 – DP-DC (DP Dependente) .....	105
Figura B.2 – Gráfico: Modelo 2 – DP-DC (DP Dependente) .....	105
Figura B.3 – Gráfico: Modelo 3 – DP-DC (DP Dependente) .....	105
Figura B.4 – Gráfico: Modelo 4 – DP-DC (DP Dependente) .....	105
Figura B.5 – Gráfico: Modelo 5 – DP-DC (DP Dependente) .....	106
Figura B.6 – Gráfico: Modelo 6 – DP-DC (DP Dependente) .....	106
Figura B.7 – Gráfico: Modelo 1 – DC-DP (DC Dependente) .....	106
Figura B.8 – Gráfico: Modelo 2– DC-DP (DC Dependente) .....	106
Figura B.9 – Gráfico: Modelo 3– DC-DP (DC Dependente) .....	106
Figura B.10 – Gráfico: Modelo 4– DC-DP (DC Dependente) .....	106
Figura B.11 – Gráfico: Modelo 5– DC-DP (DC Dependente) .....	107
Figura B.12 – Gráfico: .....	107
Figura B.13 – Gráfico: Modelo 1– DR-DC (DR Dependente) .....	107
Figura B.14 – Gráfico: Modelo 2– DR-DC (DR Dependente) .....	107
Figura B.15 – Gráfico: Modelo 3– DR-DC (DR Dependente) .....	107
Figura B.16 – Gráfico: Modelo 4– DR-DC (DR Dependente) .....	107
Figura B.17 – Gráfico: Modelo 5– DR-DC (DR Dependente) .....	108
Figura B.18 – Gráfico: Modelo 6– DR-DC (DR Dependente) .....	108
Figura B.19 – Gráfico: Modelo 7– DR-DC (DR Dependente) .....	108
Figura B.20 – Gráfico: Modelo 1– DC-DR (DC Dependente) .....	108
Figura B.21 – Gráfico: Modelo 2– DC-DR (DC Dependente) .....	108
Figura B.22 – Gráfico: Modelo 3– DC-DR (DC Dependente) .....	108
Figura B.23 – Gráfico: Modelo 4– DC-DR (DC Dependente) .....	109
Figura B.24 – Gráfico: Modelo 5– DC-DR (DC Dependente) .....	109
Figura B.25 – Gráfico: Modelo 6– DC-DR (DC Dependente) .....	109
Figura B.26 – Gráfico: Modelo 1– DR-DP (DR Dependente) .....	109
Figura B.27 – Gráfico: Modelo 2– DR-DP (DR Dependente) .....	109
Figura B.28 – Gráfico: Modelo 3– DR-DP (DR Dependente) .....	109
Figura B.29 – Gráfico: Modelo 4– DR-DP (DR Dependente) .....	110
Figura B.30 – Gráfico: Modelo 6– DR-DP (DR Dependente) .....	110

Figura B.31 – Gráfico: Modelo 7– DR-DP (DR Dependente) .....	110
Figura B.32 – Gráfico: Modelo 1– DP-DR (DP Dependente) .....	110
Figura B.33 – Gráfico: Modelo 3– DP-DR (DP Dependente) .....	110
Figura B.34 – Gráfico: Modelo 4– DP-DR (DP Dependente) .....	110
Figura B.35 – Gráfico: Modelo 5– DP-DR (DP Dependente) .....	111
Figura B.36 – Gráfico: Modelo 6– DP-DR (DP Dependente) .....	111
Figura B.37 – Gráfico: Modelo 7– DP-DR (DP Dependente) .....	111
Figura C.1 – Gráfico: Modelo 1– DP-DC (DP Dependente) .....	111
Figura C.2 – Gráfico: Modelo 2– DP-DC (DP Dependente) .....	111
Figura C.3 – Gráfico: Modelo 3– DP-DC (DP Dependente) .....	112
Figura C.4 – Gráfico: Modelo 4– DP-DC (DP Dependente) .....	112
Figura C.5 – Gráfico: Modelo 5– DP-DC (DP Dependente) .....	112
Figura C.6 – Gráfico: Modelo 6– DP-DC (DP Dependente) .....	112
Figura C.7 – Gráfico: Modelo 1– DC-DP (DC Dependente) .....	112
Figura C.8 – Gráfico: Modelo 2– DC-DP (DC Dependente) .....	112
Figura C.9 – Gráfico: Modelo 3– DC-DP (DC Dependente) .....	113
Figura C.10 – Gráfico: Modelo 4– DC-DP (DC Dependente) .....	113
Figura C.11 – Gráfico: Modelo 5– DC-DP (DC Dependente) .....	113
Figura C.12 – Gráfico: Modelo 6– DC-DP (DC Dependente) .....	113
Figura C.13 – Gráfico: Modelo 1– DR-DC (DR Dependente) .....	113
Figura C.14 – Gráfico: Modelo 2– DR-DC (DR Dependente) .....	113
Figura C.15 – Gráfico: Modelo 3– DR-DC (DR Dependente) .....	114
Figura C.16 – Gráfico: Modelo 4– DR-DC (DR Dependente) .....	114
Figura C.17 – Gráfico: Modelo 5– DR-DC (DR Dependente) .....	114
Figura C.18 – Gráfico: Modelo 6– DR-DC (DR Dependente) .....	114
Figura C.19 – Gráfico: Modelo 1– DC-DR (DC Dependente) .....	114
Figura C.20 – Gráfico: Modelo 2– DC-DR (DC Dependente) .....	114
Figura C.21 – Gráfico: Modelo 3– DC-DR (DC Dependente) .....	115
Figura C.22 – Gráfico: Modelo 4– DC-DR (DC Dependente) .....	115
Figura C.23 – Gráfico: Modelo 5– DC-DR (DC Dependente) .....	115
Figura C.24 – Gráfico: Modelo 6– DC-DR (DC Dependente) .....	115
Figura C.25 – Gráfico: Modelo 7– DC-DR (DC Dependente) .....	115
Figura C.26 – Gráfico: Modelo 1– DR-DP (DR Dependente) .....	115

Figura C.27 – Gráfico: Modelo 2– DR-DP (DR Dependente) .....	116
Figura C.28 – Gráfico: Modelo 3– DR-DP (DR Dependente) .....	116
Figura C.29 – Gráfico: Modelo 4– DR-DP (DR Dependente) .....	116
Figura C.30 – Gráfico: Modelo 6– DR-DP (DR Dependente) .....	116
Figura C.31 – Gráfico: Modelo 7– DR-DP (DR Dependente) .....	116
Figura C.32 – Gráfico: Modelo 1– DP-DR (DP Dependente) .....	116
Figura C.33 – Gráfico: Modelo 3– DP-DR (DP Dependente) .....	117
Figura C.34 – Gráfico: Modelo 4– DP-DR (DP Dependente) .....	117
Figura C.35 – Gráfico: Modelo 5– DP-DR (DP Dependente) .....	117
Figura C.36 – Gráfico: Modelo 6– DP-DR (DP Dependente) .....	117
Figura C.37 – Gráfico: Modelo 7– DP-DR (DP Dependente) .....	117
Figura D.1 – Gráfico: Modelo 1– DP-DC (DP Dependente) .....	118
Figura D.2 – Gráfico: Modelo 2– DP-DC (DP Dependente) .....	118
Figura D.3 – Gráfico: Modelo 3– DP-DC (DP Dependente) .....	118
Figura D.4 – Gráfico: Modelo 4– DP-DC (DP Dependente) .....	118
Figura D.5 – Gráfico: Modelo 5– DP-DC (DP Dependente) .....	118
Figura D.6 – Gráfico: Modelo 1– DC-DP (DC Dependente) .....	118
Figura D.7 – Gráfico: Modelo 2– DC-DP (DC Dependente) .....	119
Figura D.8 – Gráfico: Modelo 3– DC-DP (DC Dependente) .....	119
Figura D.9 – Gráfico: Modelo 4– DC-DP (DC Dependente) .....	119
Figura D.10 – Gráfico: Modelo 5– DC-DP (DC Dependente) .....	119
Figura D.11 – Gráfico: Modelo 6– DC-DP (DC Dependente) .....	119
Figura D.12 – Gráfico: Modelo 1– DR-DC (DR Dependente) .....	119
Figura D.13 – Gráfico: Modelo 2– DR-DC (DR Dependente) .....	120
Figura D.14 – Gráfico: Modelo 3– DR-DC (DR Dependente) .....	120
Figura D.15 – Gráfico: Modelo 4– DR-DC (DR Dependente) .....	120
Figura D.16 – Gráfico: Modelo 5– DR-DC (DR Dependente) .....	120
Figura D.17 – Gráfico: Modelo 6– DR-DC (DR Dependente) .....	120
Figura D.18 – Gráfico: Modelo 1– DC-DR (DC Dependente) .....	120
Figura D.19 – Gráfico: Modelo 2– DC-DR (DC Dependente) .....	121
Figura D.20 – Gráfico: Modelo 3– DC-DR (DC Dependente) .....	121
Figura D.21 – Gráfico: Modelo 4– DC-DR (DC Dependente) .....	121
Figura D.22 – Gráfico: Modelo 6– DC-DR (DC Dependente) .....	121

Figura D.23 – Gráfico: Modelo 7– DC-DR (DC Dependente) .....	121
Figura D.24 – Gráfico: Modelo 1– DR-DP (DR Dependente) .....	121
Figura D.25 – Gráfico: Modelo 2– DR-DP (DR Dependente) .....	122
Figura D.26 – Gráfico: Modelo 3– DR-DP (DR Dependente) .....	122
Figura D.27 – Gráfico: Modelo 4– DR-DP (DR Dependente) .....	122
Figura D.28 – Gráfico: Modelo 6– DR-DP (DR Dependente) .....	122
Figura D.29 – Gráfico: Modelo 7– DR-DP (DR Dependente) .....	122
Figura D.30 – Gráfico: Modelo 1– DP-DR (DP Dependente) .....	122
Figura D.31 – Gráfico: Modelo 3– DP-DR (DP Dependente) .....	123
Figura D.32 – Gráfico: Modelo 4– DP-DR (DP Dependente) .....	123
Figura D.33 – Gráfico: Modelo 5– DP-DR (DP Dependente) .....	123
Figura D.34 – Gráfico: Modelo 6– DP-DR (DP Dependente) .....	123
Figura D.35 – Gráfico: Modelo 7– DP-DR (DP Dependente) .....	123

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de Estatística Descritiva.....	48
Tabela 2 – Análise de Correlação.....	52
Tabela 3 – Etapa Parcial 40% - DC Dependente.....	54
Tabela 4 – Etapa Parcial 40% - DP Dependente.....	56
Tabela 5 – Etapa Parcial 40% - DR Dependente.....	58
Tabela 6 – Etapa Parcial 60% - DC Dependente.....	60
Tabela 7 – Etapa Parcial 60% - DP Dependente.....	62
Tabela 8 – Etapa Parcial 60% - DR Dependente.....	64
Tabela 9 – Etapa Parcial 80% - DC Dependente.....	66
Tabela 10 – Etapa Parcial 80% - DP Dependente.....	68
Tabela 11 – Etapa Parcial 80% - DR Dependente.....	70
Tabela 12 – Etapa Parcial 100% - DC Dependente.....	73
Tabela 13 – Etapa Parcial 100% - DP Dependente.....	75
Tabela 14 – Etapa Parcial 100% - DR Dependente.....	78
Tabela 15 – Análise de Correlação: Comparativo entre Autores.....	82
Tabela 16 – Análise de Regressão: Comparativo DC-DP/DP-DC.....	83
Tabela 17 – Análise de Regressão: Comparativo DC-DR/DR-DC.....	83
Tabela 18 – Análise de Regressão: Comparativo DP-DR/DR-DP.....	84
Tabela 19 – Análise de Regressão: Comparativo (1) Modelo 1.....	86
Tabela 20 – Análise de Regressão: Comparativo (2) Modelo 8.....	87
Tabela 21 – Análise de Regressão: Comparativo (3) Melhores valores.....	89
Tabela 22 – Análise de Regressão: Comparativo (4) Modelo 1.....	90
Tabela 23 – Análise de Regressão: Comparativo (5) Modelo 6.....	91
Tabela 24 – Análise de Regressão: Comparativo (6) Modelo 7.....	92
Tabela 25 – Análise de Regressão: Comparativo (7) Modelo 8.....	92

## **LISTA DE ABREVIÇÕES E SIGLAS**

PCP – Planejamento e Controle da Produção

DC – Desvio de Custo

DP – Desvio de Prazo

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>19</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>20</b>
3.1. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP) .....	20
3.2. MEDIÇÃO DE DESEMPENHO E INDICADORES DE GESTÃO .....	22
3.3. INDICADORES DE DESEMPENHO E DE PLANEJAMENTO .....	24
3.3.1. <i>Desvio de Custo (DC)</i> .....	24
3.3.2. <i>Desvio de Prazo (DP)</i> .....	25
3.3.3. <i>Desvio de Ritmo (DR)</i> .....	25
3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	26
3.4.1. <i>Análise de Correlação</i> .....	26
3.4.2. <i>Análise de Regressão</i> .....	28
<b>4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DA PESQUISA</b> .....	<b>32</b>
4.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	32
4.2. ETAPAS DA PESQUISA.....	32
4.2.1. <i>Etapa 1 – Revisão Bibliográfica</i> .....	33
4.2.2. <i>Etapa 2 – Pré Análise</i> .....	34
4.2.3. <i>Etapa 3 - Análise</i> .....	35
4.2.4. <i>Etapa 4 – Análise de Resultados e Teste de Hipóteses</i> .....	39
4.2.5. <i>Etapa 5 – Comparação com resultados obtidos por outros autores</i> .....	40
4.2.6. <i>Etapa 6 - Considerações Finais</i> .....	40
<b>5. RESULTADOS E ANÁLISES</b> .....	<b>41</b>
5.1. ANÁLISE INICIAL.....	41
5.1.1. <i>Desvio de Custo</i> .....	42
5.1.2. <i>Desvio de Prazo</i> .....	44
5.1.3. <i>Desvio de Ritmo</i> .....	45
5.2. CARACTERIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS .....	46
5.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	47
5.3.1. <i>Análise Descritiva</i> .....	48



5.3.2. <i>Análise de Correlação</i> .....	51
5.3.3. <i>Análise de Regressão</i> .....	53
5.4. COMPARATIVO .....	80
5.4.1. <i>Comparativo entre análises descritivas</i> .....	80
5.4.2. <i>Comparativo entre análises de correlação</i> .....	81
5.4.3. <i>Comparativo entre análises de regressão</i> .....	83
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>94</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>97</b>
<b>APÊNDICE</b> .....	<b>99</b>
APÊNDICE A – MODELOS AJUSTADOS PARA A ETAPA 40%.....	99
APÊNDICE B – MODELOS AJUSTADOS PARA A ETAPA 60%.....	105
APÊNDICE C – MODELOS AJUSTADOS PARA A ETAPA 80%.....	111
APÊNDICE D – MODELOS AJUSTADOS PARA A ETAPA 100%.....	118

## 1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil enfrentou diversas crises nos últimos anos e com isso as empresas desse segmento estão empenhando para se manterem estáveis no mercado. A grande competitividade do setor trouxe para a produção um papel cada vez mais importante e estratégico. Nos últimos anos o processo de planejamento e controle da produção (PCP) vem crescendo e ganhando espaço na literatura nacional, uma vez que gera benefícios que possibilitam o aumento do desempenho dos empreendimentos da construção, em relação ao custo, prazo, qualidade e segurança. Com isso, as construtoras estão investindo cada vez mais em ferramentas de planejamento a fim de garantir o controle dos custos previstos e cumprimento de prazos, o que assegura uma probabilidade maior de ocorrer os resultados esperados.

Para que tudo isso ocorra, é necessário, portanto, um entendimento mais aprofundado das atividades gerais e críticas durante a obra. Assim, o PCP vem consolidando sua importância visto que cabe as empresas conhecerem os seus limites de desempenho, produtividade e aprimoramento de recursos para tomada de decisões estratégicas na gestão da obra. Afinal, em um ambiente de competitividade acirrada, torna-se vital para as empresas conhecerem sua verdadeira margem e seus diferenciais competitivos. Formoso *et al.* (2005) descreve a necessidade de as empresas realizarem sistemas de monitoramento, controle, avaliação e a melhoria contínua dos seus sistemas de gestão.

Dessa forma, muitas empresas construtoras têm dado maior importância para o desenvolvimento e implementação de sistemas de medição de desempenho. Segundo Pereira (2018), esses sistemas fornecem informações essenciais para o planejamento e controle dos processos gerenciais, possibilitando, ainda, o monitoramento e o controle dos objetivos e metas estratégicas. Tais sistemas contribuem para que o foco principal das atividades seja nos resultados, sendo necessário que haja um conjunto de indicadores que relacione estratégias, planos de ação e metas da empresa.

Essa dissertação propõe o estudo dos indicadores de desvios de custo, prazo e ritmo, e busca-se estabelecer relações entre planejamento de curto e longo prazo, com o

objetivo principal de refinar os indicadores com que se pretende quantificar e compreender a eficácia do planejamento na construção civil no estado de Minas Gerais. As obras em estudo serão classificadas em dois grupos, Grupo 01 - Terraplenagem e Grupo 02 - Pavimentação/Acesso. Serão analisadas duas obras em cada grupo.

Apesar do estudo do planejamento ter crescido nos últimos anos, observa-se que estudos de caráter quantitativo ainda são poucos para medir as relações descritas ou demonstrar o resultado de implementações. Um exemplo de pesquisa que visa fazer essa comparação entre os planejamentos de forma quantitativa foi o realizado por Pereira (2018). A pesquisa propôs uma série de contribuições para análise de dados que permitam avaliar o impacto do sistema de PCP no desempenho de empreendimentos de construção civil.

Na tentativa de estabelecer diretrizes para interligação dos planejamentos de longo e curto prazo com a utilização dos indicadores de desvio de custo, desvio de prazo e desvio de ritmo e contribuir para a consolidação e refinamento de indicadores com que se pretende quantificar e compreender a eficácia do planejamento na construção civil de empreendimentos comerciais, Pereira (2018) realizou uma série de análises envolvendo comparações entre os planejamentos nos 12 primeiros meses das obras. No entanto, Pereira (2018) apontou para a necessidade de dar continuidade a esse tipo de pesquisa, com o intuito de refinar ainda mais as análises que se referem ao impacto da eficácia do planejamento no resultado dos empreendimentos.

Dessa forma, esse estudo buscou continuar o trabalho iniciado por Pereira (2018), investigando a possível relação entre a eficácia do sistema de planejamento e controle da produção e o desempenho do empreendimento realizando novas análises estatísticas na obra completa e em períodos parciais pré-divididos com base em atividades críticas que possam influenciar nos resultados.

Para cumprir os objetivos, o trabalho foi estruturado nos seguintes capítulos: no capítulo um encontra-se a introdução ao tema; no capítulo dois tem-se os objetivos; o capítulo três apresenta uma revisão bibliográfica sobre planejamento e controle da

produção, bem como, sobre os indicadores utilizados; o capítulo quatro descreve detalhadamente o método utilizado na pesquisa, incluindo a estratégia, o delineamento da mesma e a descrição das etapas realizadas; no quinto capítulo encontram-se os resultados obtidos; e, no sexto capítulo a discussão dos resultados apresentados no capítulo anterior.

## 2. OBJETIVOS

O estudo tem como objetivo principal refinar os indicadores com que se pretende quantificar e compreender a eficácia do planejamento na construção civil. Para isso utilizam-se indicadores de Desvios de Custo, Prazo e Ritmo e busca-se estabelecer relações entre planejamento de curto e longo prazo.

Tem-se como objetivos específicos:

- verificar por meio de análise estatística novos modelos de regressão que possam explicar melhor a relação entre os indicadores;
- analisar e verificar a eficácia do planejamento em relação ao cumprimento das metas previstas de custo, prazo e ritmo, por meio de do avanço físico dos empreendimentos;
- comparar os resultados obtidos nesse estudo com os de outros autores;
- comparar os resultados obtidos entre períodos parciais e total dos empreendimentos, inclusive comparando-os com os resultados obtidos por Pereira (2018).

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O presente capítulo faz uma revisão bibliográfica acerca dos conceitos de planejamento e controle da produção, utilização de indicadores na construção civil e análises estatísticas.

Segundo Pereira (2018) desde o começo da década de 90 um novo referencial teórico vem sendo construído para remodelar a gestão de processos na construção civil. O desenvolvimento deste referencial tem se dado a partir da adaptação de alguns conceitos e princípios gerais da gestão da produção às peculiaridades do setor. E nesse contexto, ainda segundo Pereira (2018), o planejamento e controle de produção tem-se destacado como uma atividade fundamental para o sucesso de qualquer empreendimento tanto na etapa da concorrência quanto no início e durante todo o período da obra, pois assegura, com base nas premissas assumidas, uma probabilidade favorável de ocorrer os resultados esperados. Como consequência, a produção vem assumindo um papel cada vez mais estratégico na determinação do grau de competitividade das empresas construtoras, assim como no setor como um todo.

Para Mergh (2019), o planejamento de obras ainda é uma incógnita para muitas construtoras brasileiras, em que empresas mais estruturadas têm procurado se adequar ou desenvolver sistemas de planejamento às suas necessidades e perfil, e ainda existe uma parte que não considera as ferramentas do planejamento como um meio de melhorar a produtividade e reduzir perdas. De acordo com Pereira (2018), mesmo que as preocupações principais das empresas da construção civil sejam o cumprimento de prazos e orçamentos, se não houver um planejamento e controle da produção (PCP) eficiente, torna-se muito difícil cumprir tais contratos, porque certamente as condições previstas não ocorrerão.

#### **3.1. Planejamento e Controle da Produção (PCP)**

Segundo Pereira (2017), as atividades de planejamento e controle são indissociáveis. O planejamento tem como objetivo o estabelecimento de metas e diretrizes para a sua realização, já o controle é responsável por garantir o cumprimento do que foi

estipulado. Mergh (2019) entende que muitas vezes, existe o planejamento, mas não existe controle, porém, os dados de produtividade e os modelos preditivos podem levar a planejamento e programação de obras mais precisos e mais qualificados. Esses modelos preditivos permitem ter índices mais confiáveis e de cunho mais estratégico a serem adotados pelas empresas para manutenção e melhoria da eficácia de obras, como se busca atualmente nos programas de qualidade e produtividade existente em todo o país.

Para Laufer e Tucker (1987), o planejamento e controle da produção (PCP) cumpre papel fundamental para que seja alcançado êxito na coordenação entre as várias entidades participantes de um empreendimento. Para esses mesmos autores, o planejamento é necessário em função de diversos fatores, tais como:

- a) facilita a compreensão dos objetivos do empreendimento, aumentando, assim, a probabilidade de atendê-los;
- b) define todos os trabalhos exigidos para habilitar o empreendimento e planejar sua parcela de trabalho;
- c) desenvolve uma referência básica para os processos de orçamento e programação;
- d) evita decisões errôneas para projetos futuros, por meio da análise do impacto das decisões atuais;
- e) aumenta a velocidade de resposta para mudanças futuras;
- f) fornece padrões para monitorar, revisar e controlar a execução do empreendimento.

Segundo Mergh (2019), qualquer empreendimento exige uma combinação de recursos (materiais, mão de obra, equipamentos e capital), que estão sujeitos a limites e restrições. A alocação de recursos, no devido tempo, somente é possível por meio de um eficiente sistema de planejamento, programação e controle que vai balizar a ação gerencial, identificando e quantificando os desvios relativos às previsões originais, possibilitando a adoção de ações corretivas para se obter os resultados desejados. Para a mesma autora, o processo de planejamento e controle não deve ser confundido somente com a aplicação de técnicas de programação, pois tem um âmbito muito mais amplo, envolvendo diversas etapas, como coleta de dados e

geração de plano, no qual são aplicadas as técnicas, controle, avaliação e replanejamento.

O PCP é considerado por Pereira (2018) extremamente importante para o desempenho de empresa de construção, mas, normalmente, não é conduzido da forma correta de modo que cumpra todas as suas funções e potencialidades. Nesse contexto, Formoso *et al.* (2005) descreve a necessidade de as empresas realizarem monitoramento, controle, avaliação e a melhoria contínua dos seus sistemas de gestão. Em função disto, muitas empresas construtoras têm dado maior importância para o desenvolvimento e implementação de sistemas de medição de desempenho pois esses fornecem informações essenciais para o planejamento e controle dos processos gerenciais, possibilitando, ainda, o monitoramento e o controle dos objetivos e metas estratégicas.

Sendo assim, para Mergh (2019), a utilização dos conceitos, análises e técnicas, garante a busca sistemática da otimização de resultados operacionais dos empreendimentos, com estudos de ferramentas sobre as fontes de perda ou desperdício de valor, observadas durante a execução de suas atividades, minimizando a baixa produtividade e a incidência de perdas além de promover o controle e acompanhamento de índices. Dessa forma, como já citado por Formoso *et al.* (2005), Mergh (2019) complementa sobre a extrema importância da medição de desempenho para prover de informações essenciais o planejamento e controle dos processos.

### **3.2. Medição de Desempenho e Indicadores de Gestão**

A medição de desempenho é vista tradicionalmente, segundo Neely *et al.* (1996), como um meio de quantificar a eficiência e eficácia da ação. A medição de desempenho pode, também, ser considerada como o principal meio de induzir coerentemente a tomada de decisão e a realização de ações, podendo ser usada para influenciar o comportamento e, assim, afetar a implementação das estratégias de uma empresa (NEELY *et al.*, 1994).



Segundo Lantelme e Lima (2005) existem três passos para a implementação dos indicadores: coleta, processamento e avaliação. O planejamento da coleta de dados deve ser realizado buscando-se reduzir os custos e simplificando o processo de coleta. Pereira (2018) entende que, segundo os autores, devem ser levados em consideração dados já disponíveis nas empresas, elaboração das planilhas de coleta de acordo com a realidade, adequada documentação dos dados, treinamento das pessoas envolvidas no processo, rotinização do processo de coleta. Dentro desse contexto, Neely *et al.* (1997) apontam dez (10) critérios, conforme Quadro 1, para a definição dos indicadores de desempenho, apresentando os principais elementos para sua definição, bem como um conjunto de recomendações.

Quadro 1 - Critério para definição dos indicadores de desempenho

<b>Elemento da medida</b>	<b>Recomendações para a definição da medida</b>
Título	Fácil compreensão Estar claramente definido Ser autoexplicativo
Finalidade	Ter relevância Ter finalidade explícita
Relação com o objetivo do negócio	Ser derivado de estratégia Estar relacionado com metas específicas Ter relevância Focar melhoria
Meta	Ter finalidades explícitas Fazer parte do ciclo de revisão da gerência Focar na melhoria Fornecer informação relevante
Fórmula	Ser simples Refletir o processo a ser medido Estar claramente definida Adotar taxas relativas ao invés de números absolutos Representar exatamente o que está a ser medido
Frequência da medição	Fornecer retroalimentação em tempo adequado e com confiabilidade Ser reportado num formato simples e consistente Fornecer informações
Responsável pelo recolhimento	Ter relevância Usar dados que são automaticamente recolhidos
Fontes de dados	Basear-se numa fórmula Ser explicitamente definidas Adotar taxas ao invés de números absolutos Ser simples e consistente
Responsável pela análise dos dados	Estar relacionado com metas específicas Ter impacto visual Fornecer informações relevantes
Diretrizes para análise	Estar relacionados com metas específicas Ter impacto visual Fornecer informações relevantes

Fonte: NEELY *et al.*, 1997 e BARROS, 2017 (adaptado).

Os indicadores de desempenho e de planejamento que serão discutidos nesta pesquisa são os relativos ao custo, prazo e ritmo, apresentados no item 3.3.

### **3.3. Indicadores de Desempenho e de Planejamento**

Segundo Costa (2003), a definição dos indicadores envolve o estabelecimento de procedimentos de coleta de dados, equações para cálculo dos desvios de custo, prazo e ritmo, duração do ciclo de controle e definição dos responsáveis pela coleta e análise dos dados.

#### *3.3.1. Desvio de Custo (DC)*

O Desvio de Custo (DC) mede a variação do custo do empreendimento e tem como objetivo avaliar o desempenho da obra por meio da relação entre os custos previsto e real, ao longo de sua execução (NAVARRO, 2005).

Segundo Pereira (2017), para que seja possível o cálculo deste indicador, necessita-se realizar um controle sistemático dos custos de obra. Conforme Moura (2008), este indicador pode ser calculado por meio da Equação 1, que representa a razão entre a variação dos custos e o custo previsto.

$$DC = \frac{(C \text{ Real} - C \text{ Previsto})}{C \text{ Previsto}} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

- “C Real”: custo real
- “C Previsto”: custo previsto

Para este indicador, conforme análise realizada por Pereira (2017), quanto menores os valores obtidos, melhores são os resultados do empreendimento analisado.

### 3.3.2. Desvio de Prazo (DP)

O Desvio de Prazo (DP) mede a variação do prazo do empreendimento e tem como objetivo avaliar o desempenho da obra por meio de da relação entre os prazos previsto e real, ao longo de sua execução (NAVARRO, 2005).

Conforme Moura (2008), este indicador pode ser calculado por meio da Equação 2, que representa a razão entre a variação dos prazos e o prazo previsto.

$$DP = \frac{(P \text{ Real} - P \text{ Previsto})}{P \text{ Previsto}} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

- “P Real”: Prazo real
- “P Previsto”: Prazo previsto

Conforme análise feita por Pereira (2017), o resultado deste indicador sugere:

- a) valores positivos: o percentual de tempo em que a obra está atrasada com relação ao planejamento;
- b) valores negativos: o percentual de tempo em que a obra está adiantada com relação ao planejamento; e
- c) valores iguais a zero: obra dentro do prazo estabelecido no planejamento.

### 3.3.3. Desvio de Ritmo (DR)

Segundo Costa (2003), o Desvio de Ritmo (DR) indica possíveis atrasos das atividades com relação ao planejado, devido à queda de ritmo da obra. Pereira (2010, p. 1, *apud* Pereira, 2018) complementa que o avanço físico é o avanço real do projeto em um determinado período comparado com o avanço planejado para o mesmo período. Tanto o avanço real como o planejado são dados em percentual de execução das atividades.

Dessa forma, o DR pode ser calculado conforme sugerido por Costa (2003) e apresentado na Equação 3.

$$DR = \frac{P_{ex}}{P_{pl}} \times 100\% \quad (3)$$

Onde:

- $P_{ex}$  é a percentagem (%) de execução real da atividade, ou seja, avanço físico real;
- $P_{pl}$  é a percentagem (%) de execução planejada, ou seja, avanço físico planejado.

Assim, segundo Pereira (2018), o DR pode ser obtido por meio da razão entre o avanço físico real ( $AF_{real}$ ) e o avanço físico planejado ( $AF_{planejado}$ ), de acordo com a Equação 4:

$$DR = \frac{AF_{real}}{AF_{planejado}} \times 100\% \quad (4)$$

Uma das formas de examinar certa amostra de dados, seja ela de indicadores ou outros valores, é por meio de da realização de análise estatística.

### **3.4. Análise Estatística**

De acordo com Milone (2006, p.3), estatística é considerada o estudo dos modos de obtenção, coleta, organização, processamento e análise de informações relevantes em que é permitido quantificar, qualificar ou ordenar coleções, fenômenos ou populações de forma que se possa concluir propriedades, eventos ou estados futuros.

Nesse sentido a fim de validar essa pesquisa torna-se necessário a realização e explicação dos testes estatísticos que serão realizados neste estudo.

#### *3.4.1. Análise de Correlação*

Segundo Mergh (2019) é possível verificar a existência e a intensidade da relação entre duas variáveis envolvidas em um estudo por meio da análise de correlação. A

fim de verificar essa relação entre as variáveis do estudo, utiliza-se o coeficiente de Correlação de Pearson ( $r$ ). De acordo com Triola (1999), o coeficiente de correlação linear  $r$  mede a intensidade da relação linear entre os valores quantitativos emparelhados  $X$  e  $Y$  em uma amostra, sendo determinado conforme Equação 5.

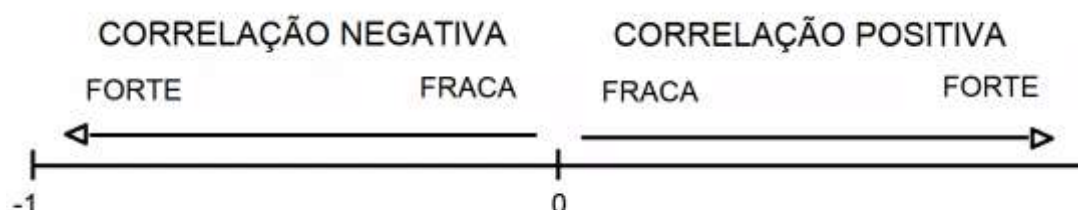
$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2][\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2]}} \quad (5)$$

onde:

- $n$  é o número de pares de observações (“duplas” formadas de  $X$  e  $Y$ );
- $X_i$  é a observação  $i$  da variável  $X$ ;
- $Y_i$  é a observação  $i$  da variável  $Y$ ;
- $\bar{X}$  é a média dos valores de  $X_i$ ;
- $\bar{Y}$  é a média dos valores de  $Y_i$ .

Os valores obtidos para o coeficiente de correção linear de Pearson variam entre -1 e +1. Segundo Pereira (2018) se positivo, as duas variáveis apresentam uma relação direta (quanto maior o valor de uma variável, maior o valor da outra). Caso o coeficiente de Pearson seja negativo há uma relação inversa. Finalmente, um valor próximo de zero indica que não há uma associação linear entre as duas variáveis. Essa relação pode ser visualizada conforme a Figura 1.

Figura 1 – Correlação de Pearson



Fonte: Elaborada pela Autora

Segundo Oliveira (2007), o coeficiente de Pearson fornece uma medida do grau de correlação linear existente entre as variáveis em uma determinada amostra. Para verificar se a associação obtida entre  $X$  e  $Y$  realmente existe na população é

necessário testar a significância do coeficiente  $r$  encontrado. Dessa forma, são estabelecidas as seguintes hipóteses:

- Hipótese nula ( $H_0$ ): não existe correlação na população, ou seja,  $r = 0$ ;
- Hipótese alternativa ( $H_1$ ): existe correlação na população, isto é,  $r \neq 0$ ;

De acordo com Levin *et al.* (2012) há significância estatística ou o resultado é estatisticamente significativo quando o valor de  $p$  observado é menor que o nível de significância  $\alpha$ .

De acordo com Mergh (2019), o valor de  $p$  representa um índice decrescente da confiabilidade de um resultado. Quanto mais alto o  $p$ , menos se pode acreditar que a relação observada entre as variáveis na amostra é um indicador confiável da relação entre as respectivas variáveis na população. Especificamente, o valor de  $p$  representa a probabilidade de erro envolvida em aceitar o resultado observado como válido, isto é, como resultado representativo da população.

#### 3.4.2. Análise de Regressão

Segundo Levin *et al.* (2012) a análise de regressão consiste na realização de uma análise estatística com o objetivo de se verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes. Por meio da análise de regressão, é possível estabelecer uma equação que expresse o relacionamento entre as variáveis resposta ou dependente “Y” e explicativa ou independente “X”.

De acordo com Pereira (2018), para tentar estabelecer uma equação que representa o fenômeno em estudo pode-se verificar como se comportam os valores da variável dependente (Y) em função da variação da variável independente (X). Essa relação pode ser feita utilizando um gráfico, chamado diagrama de dispersão, de forma que o comportamento de Y em relação a X pode se apresentar de várias maneiras, tais como por meio de regressão linear, quadrática, cúbica, exponencial, logarítmica e fracionada. A fim de estabelecer o melhor modelo para explicar a relação entre as variáveis, deve ser verificado qual tipo de curva e equação que mais se aproxima dos

pontos representados no diagrama de dispersão. Entretanto é possível verificar que os pontos do diagrama não se ajustam perfeitamente à curva do modelo escolhido, uma vez que não se trata de um fenômeno matemático e sim de um fenômeno sujeito a influências externas, que nesse estudo é a relação entre os indicadores.

Um dos métodos que se pode utilizar para obter a relação funcional se baseia na obtenção de uma equação estimada de tal forma que as distâncias entre os pontos do diagrama e os pontos da curva do modelo matemático, no todo, sejam as menores possíveis (LEVIN *et al.*, 2012), uma vez que, como dito anteriormente, os pontos não se ajustam perfeitamente a curva do modelo. Este método é denominado de Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) (LEVIN *et al.*, 2012).

De acordo com Mergh (2019), por este método a soma de quadrados das distâncias entre os pontos do diagrama e os respectivos pontos na curva da equação estimada é minimizada, obtendo-se, desta forma, uma relação funcional entre X e Y, para o modelo escolhido, com um mínimo de erro possível.

Supondo uma tendência linear entre duas variáveis onde uma é a variável dependente e outra a variável independente, Levin *et al.* (2012) determina que o modelo estatístico seria apresentado conforme Equação 6:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i \quad (6)$$

em que:

$Y_i$  = valor observado para a variável dependente Y no i-ésimo nível da variável independente X;

$\beta_0$  = constante de regressão. Representa o intercepto da reta com o eixo Y;

$\beta_1$  = coeficiente de regressão. Representa a variação de Y em função da variação de uma unidade da variável X;

$X_i$  = i-ésimo nível da variável independente X ( $i = 1, 2, \dots, n$ );

$e_i$  = erro que está associado à distância entre o valor observado  $Y_i$  e o correspondente ponto na curva, do modelo proposto, para o mesmo nível i de X.

A fim de estabelecer uma equação estimada, utilizando o MMQ para a minimização de erros, de acordo com Levin *et al.* (2012) por meio da obtenção de estimadores de  $\beta_0$  e  $\beta_1$ , chega-se à Equação 7:

$$Y = a + bX \quad (7)$$

Após definidos os parâmetros do modelo a ser utilizado, é necessário testar a significância da regressão. Assim são definidas as hipóteses nula  $H_0$  e alternativa  $H_1$ , da seguinte forma:

- Hipótese nula ( $H_0$ ):  $b = 0$ .
- Hipótese alternativa ( $H_1$ ):  $b \neq 0$ .

Segundo Levin *et al.* (2012) caso a hipótese nula não seja rejeitada pode-se concluir que X é pouco importante para explicar a variação em Y, ou que a relação verdadeira entre X e Y não é linear. Por outro lado, rejeitar  $H_0$  indica que X é importante para explicar a variabilidade em Y. Mergh (2019) complementa que isto pode significar que a reta ajustada é realmente adequada para representar o relacionamento entre as variáveis X e Y, ou que, embora haja um efeito linear, outros modelos (incluindo, por exemplo, termos polinomiais de ordem mais elevada em X) poderiam conduzir a melhores resultados.

É importante ressaltar que conforme Oliveira (2007), de forma análoga aos testes de hipóteses, pode-se rejeitar  $H_0$  diretamente a partir da constatação de que o valor p obtido é inferior à  $\alpha = 0,05$ . Além de testar a significância da regressão, é importante avaliar a quantidade de variabilidade dos dados explicada pelo modelo. Esta avaliação é realizada por meio do coeficiente de determinação  $R^2$ , o qual, conforme Levin *et al.* (2012), é uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear, em relação aos valores observados. O  $R^2$  varia entre 0 e 1, indicando, em percentagem, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Assim, quanto mais próximo de 1 for o coeficiente melhor o modelo representa a relação entre as variáveis.



Após o ajuste do modelo  $Y = a + bX$ , de acordo com Mergh (2019), pode-se considerar os modelos polinomiais  $Y = a + bX + cX^2$  e  $Y = a + bX + cX^2 + dX^3$ . Nestes casos, a hipótese nula estabelece que  $b = c = d = 0$ . Portanto, rejeitar  $H_0$  significa que pelo menos um dos termos  $bX$ ,  $cX^2$  ou  $d \cdot X^3$  devem ser incluídos no modelo.

Ainda segundo Mergh (2019) em muitos casos uma única variável independente não é capaz de explicar tudo a respeito da variável dependente, assim, pode ser necessário o uso de uma regressão linear múltipla. Segundo Levin *et al.* (2012), regressão múltipla é uma coleção de técnicas estatísticas para construir modelos que descrevem de maneira razoável relações entre várias variáveis explicativas de um determinado processo.

Pode-se considerar outras equações a fim de obter a que melhor explique a relação entre as variáveis. Segundo Mergh (2019) assim é possível analisar os principais aspectos influenciadores de uma variável e saber qual combinação de variáveis é prejudicial para os principais indicadores do projeto e qual permite que os resultados sejam considerados ideais.

Por exibir grande complexidade e elevado número de variáveis envolvidas nos seus processos construtivos, o canteiro de obras é um ambiente particularmente dinâmico e mutável fazendo-se necessária além da avaliação da obra concluída, o acompanhamento visualizando o comportamento dos indicadores durante a evolução da mesma.

## **4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DA PESQUISA**

O presente capítulo descreve o tipo de pesquisa bem como todos os métodos utilizados para as análises realizadas.

### **4.1. Classificação da Pesquisa**

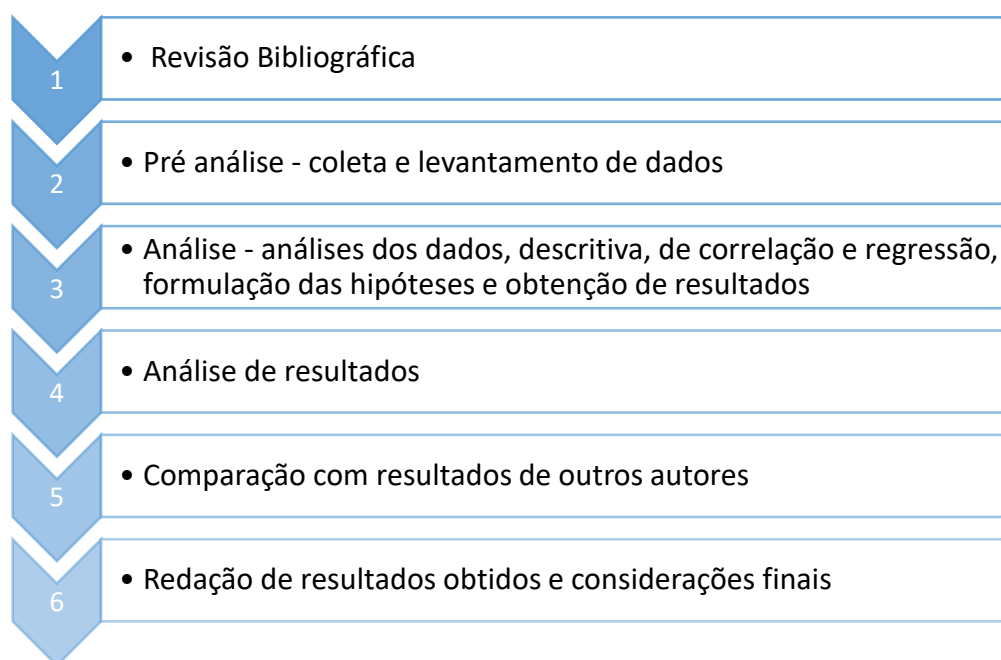
Essa pesquisa pode ser classificada quanto aos seus objetivos como uma análise de caráter exploratório, uma vez que se enquadra na definição dada por Gil (2002), que afirma que esse tipo tem como finalidade proporcionar maior familiaridade com o problema, aprimoramento de ideias ou descobertas de intuições. O estudo será realizado por meio de pesquisa documental com objetivo de refinar os indicadores com que se pretende quantificar e compreender a eficácia do planejamento na construção civil no estado de Minas Gerais. Essa análise busca consolidar e complementar os resultados apresentados por Pereira (2018) testando novas variáveis e modelos de regressão.

### **4.2. Etapas da Pesquisa**

Esta pesquisa foi desenvolvida em 6 etapas, conforme apresentado na Figura 2. A Etapa 1 consistiu na revisão bibliográfica geral do assunto; a Etapa 2 compreendeu a pré análise, que é a etapa na qual houve a coleta e levantamento dos dados; na Etapa 3 ocorreu a organização e tratamento dos dados, análises descritiva, de correlação e regressão, formulação das hipóteses e obtenção de resultados; na Etapa 4 foi realizada a análise dos resultados; a Etapa 5 consistiu na comparação dos resultados obtidos com os resultados de outros autores para que por fim fosse realizada a Etapa 6 que compreendeu as considerações finais do estudo.

A metodologia adotada é baseada nos métodos empregados por Pereira (2017), Pereira (2018), e Mergh (2019) que também realizaram estudos sobre indicadores em obras de construção civil.

Figura 2 – Etapas de desenvolvimento da Pesquisa



Fonte: Elaborada pela Autora

#### 4.2.1. Etapa 1 – Revisão Bibliográfica

A primeira etapa desta pesquisa compreendeu em uma revisão bibliográfica geral sobre o assunto e busca de resultados preliminares obtidos por outros pesquisadores. Para Gil (2002), a principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente. Portanto, a revisão bibliográfica foi realizada para compreensão e contextualização maior sobre o assunto e busca por resultados preliminares obtidos por outros autores, considerando apenas fontes confiáveis, uma vez que a confiabilidade da pesquisa pode ser afetada pela busca de fontes equivocadas. Para reduzir essa possibilidade foram analisadas as condições em que os dados foram obtidos, possíveis incoerências ou contradições.

É importante lembrar que esta etapa foi realizada durante toda a pesquisa pois ela foi a base do estudo. No início da pesquisa teve-se a intensificação dessa etapa de forma que se permitiu criar a base do estudo e principais conceitos que permearam as análises.

#### 4.2.2. Etapa 2 – Pré Análise

A segunda etapa foi composta pela pré análise, nela foram realizados a coleta e o levantamento dos dados que foram obtidos dos relatórios mensais de 4 obras de uma mesma empresa. Após essa seleção prévia de dados, como realizado por Pereira (2018), foram coletados os relatórios sintéticos de forma mensal e os diários de obras, para possibilitar o entendimento das características e particularidades de cada obra. Os relatórios obtidos são do início ao fim da obra e cada uma possui uma duração.

Os dados escolhidos foram determinados de acordo com a necessidade para cálculo dos indicadores da pesquisa como indicado nos itens 3.3.1, 3.3.2 e 3.3.3. Foram coletados:

- Valor do contrato;
- Variação do escopo, quando houve;
- Novo valor da obra;
- Prazo orçado (Data de início e término previsto);
- Prazo real (Data de início e término real);
- Avanço físico mensal previsto;
- Avanço físico acumulado previsto e real;
- Margem de contribuição orçada;
- Margem de contribuição tendência.

Assim como realizado por Pereira (2018) a partir das informações coletadas, foram desenvolvidas planilhas eletrônicas para sintetizar as informações e calcular os indicadores que serão analisados. Nessas planilhas, foram agrupados os dados referentes ao prazo; ao avanço físico e ao custo, separadamente. Os indicadores foram calculados para cada mês de obra, de tal forma que, quando ocorreu alteração de escopo nas obras, essa variação foi considerada na análise, para manter a coerência entre os dados previstos e os dados na fase de execução. Essa etapa é importante pois os dados coletados fundamentam o estudo.

### 4.2.3. Etapa 3 - Análise

A fase de análise tratou da exploração do material que se realizou de forma qualitativa e quantitativa, em etapas parciais e considerando todo o período de execução dos empreendimentos escolhidos. Nesta etapa também foram definidas as hipóteses, transformação das variáveis e toda a análise estatística.

#### 4.2.3.1. Etapas Parciais

As etapas parciais foram definidas baseando-se na quantidade de dados obtidos e elevado número de variáveis envolvidas durante os processos construtivos de uma obra. Considerando que a análise realizada apenas na obra concluída não permite o acompanhamento da evolução dos indicadores, a análise será dividida em etapas parciais. Dessa forma a análise para comparação final será realizada nas seguintes etapas: 40%, 60%, 80% e 100% das obras concluídas.

#### 4.2.3.2. Formulação das Hipóteses

Quanto à formulação das hipóteses, foram elaboradas estabelecendo a relação entre as variáveis que nessa pesquisa são os indicadores e baseando nos resultados de outros autores. Segundo Gil (2002), as hipóteses elaboradas com base nos resultados de outras investigações geralmente conduzem a conhecimentos mais amplos que aquelas decorrentes da simples observação. À medida que uma hipótese se baseia em estudos anteriores e o trabalho em que se insere a confirma, o resultado auxilia na demonstração de que a relação se repete regularmente.

As hipóteses levantadas por Pereira (2018) foram:

- Hipótese 1 – Os desvios/indicadores não variam significativamente de acordo com a obra;
- Hipótese 2 – Os desvios/indicadores não variam significativamente entre os grupos de tipos de obras diferentes;
- Hipótese 3 – Valores altos do DP tendem a influenciar que o DC aumente;
- Hipótese 4 – Valores altos do DR tendem a influenciar que o DC aumente;

- Hipótese 5 – Valores altos do DR tendem a influenciar que o DP aumente;
- Hipótese 6 – Valores altos do DP e do DR tendem a influenciar que o DC aumente;
- Hipótese 7 – Valores altos do DR e do DC tendem a influenciar que o DP aumente;
- Hipótese 8 – Valores altos do DP e do DC tendem a influenciar que o DR aumente.

Pereira (2018) concluiu em sua pesquisa que não existem diferenças significativas entre os valores, de acordo com a obra e o tipo/grupo de obra, confirmando as hipóteses 1 e 2. Assim sendo e com a transformação dos indicadores para uma mesma escala a fim de parametrizar os dados, serão consideradas as seguintes hipóteses:

- Hipótese 1 – Valores altos do DP tendem a influenciar que o DC aumente;
- Hipótese 2 – Valores altos do DR tendem a influenciar que o DC aumente;
- Hipótese 3 – Valores altos do DR tendem a influenciar que o DP aumente;
- Hipótese 4 – Valores altos do DP e do DR tendem a influenciar que o DC aumente;
- Hipótese 5 – Valores altos do DR e do DC tendem a influenciar que o DP aumente;
- Hipótese 6 – Valores altos do DP e do DC tendem a influenciar que o DR aumente.

#### 4.2.3.3. Transformação das variáveis

Além da determinação das etapas parciais e das hipóteses, ocorreu também a transformação das variáveis. Segundo Moura e Formoso (2009), para possibilitar a realização das análises, as variáveis devem ser parametrizadas e, portanto, nesse estudo a transformação das variáveis ocorreu conforme realizado anteriormente por Mergh (2019) e descrito a seguir:

DC e DP: como esses indicadores originalmente são representados por um percentual que pode variar entre valores positivos e negativos, a transformação foi feita por uma regra de três onde o valor 0 correspondesse à pior situação e o valor 10 à melhor situação. Assim, os novos valores para DC e DP foram calculados de acordo com a Equação 8 onde X representa C (custo) ou P (prazo).

$$DX \text{ transformado} = 10 \cdot \frac{(DX_{\text{original \%}} - DX_{\text{máximo \%}})}{(DX_{\text{mínimo \%}} - DX_{\text{máximo \%}})} \quad (8)$$

DR: analogamente a DC e DP, esse indicador originalmente também é representado por percentual, e diferentemente do custo e do prazo, quanto maior o seu valor, melhor a performance. Também nesse caso, a transformação foi realizada de forma que o valor 0 correspondesse à pior situação e o valor 10 à melhor situação e assim a fórmula foi modificada. Os novos valores para DR foram calculados de acordo com a Equação 9, onde Y representa R (ritmo).

$$DY \text{ transformado} = 10 \cdot \frac{(DY_{\text{original \%}} - DY_{\text{mínimo \%}})}{(DY_{\text{máximo \%}} - DY_{\text{mínimo \%}})} \quad (9)$$

#### 4.2.3.4. Análise Estatística

Inicialmente será realizada a análise estatística descritiva com o objetivo de caracterizar as etapas parciais para cada indicador, determinando a média, desvio padrão, mínimo, mediana e máximo.

Em seguida, com o intuito de verificar a existência ou não de correlação linear entre as variáveis serão realizadas as análises de correlação de Pearson, por meio de do *software* MiniTab.

Inicialmente será analisada a correlação das três variáveis entre si, duas a duas (DR, DC e DP), o que resulta em três testes:

- DC – DP;
- DC – DR;
- DP – DR.

Os testes de correlação foram realizados para cada etapa parcial determinada anteriormente no item 4.3.2.1.

Após verificadas as correlações entre as variáveis foram realizadas análises de regressão para estudar o grau de relacionamento entre os indicadores. Além de ser empregado para os testes de correlação, o MiniTab também será utilizado para teste de novos modelos de regressão.

Foram verificados novos modelos de regressão para tentar explicar melhor a relação entre os mesmos, o que se justifica pois segundo Mergh (2019), as análises de correlação e de regressão são métodos estatísticos amplamente utilizados para estudar o grau de relacionamento entre as variáveis. A análise de regressão que envolve apenas uma variável explicativa é chamada de regressão simples, enquanto a análise envolvendo duas ou mais variáveis explicativas é denominada regressão múltipla (HAIR JR. et al., 2005).

Serão testados modelos de regressão simples e múltiplos, para permitir que sejam realizadas comparações e relações entre os Desvios de Custo, Prazo e Ritmo, da seguinte forma:

- Modelo 1:  $Y = a + bX$
- Modelo 2:  $Y = a + b \cdot \ln X$
- Modelo 3:  $Y = a + b \cdot e^x$
- Modelo 4:  $Y = a + b \cdot \frac{1}{X}$
- Modelo 5:  $Y = a \cdot X^b$
- Modelo 6:  $Y = a + bX + cX^2$
- Modelo 7:  $Y = a + bX + cX^2 + dX^3$
- Modelo 8:  $Y = a + bX + cZ$

Nos modelos utilizados  $X$ ,  $Y$ , e  $Z$  representam pelos indicadores escolhidos e  $a$ ,  $b$  e  $c$  são os valores determinados pelas equações de regressão que possibilitam a relação entre eles.

Os modelos 2, 3, 4 e 5 são intrinsecamente lineares, uma vez que podem ser expressos como uma linha reta por meio de transformações adequadas.



Para os modelos linear e intrinsecamente lineares, quadrático e cúbico, a regressão considerou de duas a duas variáveis (DC, DP e DR), mas nesse caso, diferentemente da análise de correlação, a dependência da variável é relevante, o que resultou em seis testes:

- DC – DP;
- DC – DR;
- DP – DC;
- DP – DR;
- DR – DC;
- DR – DP.

Já para a regressão múltipla é relevante apenas a variável dependente e isso resultou em apenas três testes:

- DC como variável dependente;
- DP como variável dependente;
- DR como variável dependente.

Finalizados os cálculos estatísticos, partiu-se para a análise de resultados e teste de hipóteses.

#### *4.2.4. Etapa 4 – Análise de Resultados e Teste de Hipóteses*

Após determinação das etapas parciais, parametrização das variáveis e análises estatísticas foram elaborados gráficos e tabelas a fim de demonstrar os resultados obtidos ao longo da execução do projeto para posterior análise. Os gráficos e tabelas facilitam a comparação com resultados obtidos anteriormente por outros autores.

Com os resultados obtidos e constatando-se a relação entre as variáveis por meio de das análises estatísticas, planejou-se compará-los aos resultados encontrados por outros autores.

#### *4.2.5. Etapa 5 – Comparação com resultados obtidos por outros autores*

Durante a realização da pesquisa bibliográfica foram encontrados resultados obtidos por outros autores. Essa busca foi realizada no intuito de comparar os resultados obtidos nesse estudo com os obtidos por outros autores para consolidação de resultados mais efetivos. Durante a comparação foram elaboradas tabelas para melhor visualização dos dados.

Os autores selecionados para comparação dos resultados foram Pereira (2018) e Mergh (2019). Pereira (2018) analisou 72 (setenta e dois) relatórios, determinados por 12 (doze) meses iniciais de seis obras. As obras estão situadas no estado de Minas Gerais e foram executadas para empresas de mineração. Dividiram-se as obras em dois grupos, o primeiro referente as obras de terraplenagem, cujo objetivo era formar grandes platôs para construção de futuras instalações e o segundo referente as obras de acessos/pavimentação, ou seja, focado em estradas de acesso interno. Já Mergh (2019) analisou 43 (quarenta e três) relatórios, determinados por 22 e 21 meses de duas obras de caráter repetitivo, em que:

- o empreendimento 1 trata-se de um edifício composto por salas com as seguintes características: estrutura em alvenaria estrutural; 23 salas distribuídas em 11 andares tipo, sendo 2 salas por andar e 1 andar com sala única; edifício com 17 pavimentos, com aproximadamente 300m<sup>2</sup>; prazo inicial da obra de 22 meses; e
- o empreendimento 2 trata-se de um edifício composto por salas com as seguintes características: estrutura em alvenaria estrutural; 91 salas distribuídas em 7 pavimentos tipo, sendo 13 salas por andar e 1 loja; edifício com 12 pavimentos; e prazo inicial da obra de 21 meses.

#### *4.2.6. Etapa 6 - Considerações Finais*

Após a realização de todas as etapas descritas anteriormente, foram redigidos os resultados obtidos nesse estudo e considerações finais acerca das hipóteses testadas. Os mesmos foram descritos em etapas e de forma clara para cumprir os objetivos propostos nesse projeto, apresentados no capítulo 2.

## 5. RESULTADOS E ANÁLISES

O presente capítulo apresenta os resultados obtidos por meio de análises realizadas com os dados coletados para elaboração da pesquisa. Os dados são provenientes de quatro obras, executadas entre os anos de 2011 e 2016 em Minas Gerais. Além da apresentação dos resultados, os mesmos serão discutidos e comparados com trabalhos realizados anteriormente.

### 5.1. Análise Inicial

Após a coleta de dados e cálculos dos indicadores, realizou-se a transformação de todos os valores, que foram calculados conforme explicado no capítulo de Métodos e Procedimentos da Pesquisa de forma detalhada para posteriormente realizar a análise dos indicadores por obra. As análises foram realizadas de forma global com duração completa da obra e não separadas por grupo uma vez que Pereira (2018) concluiu em sua pesquisa que não existem diferenças significativas entre os valores de acordo com o tipo da obra.

Para Desvio de Custo e Desvio de Prazo, quanto menor o valor obtido melhor o desempenho do empreendimento, e como na transformação 10 representa o melhor valor e 0 o pior, quando o valor do desvio transformado no gráfico aumenta, o desvio real diminui. Desvio 0% significa que a obra estava exatamente dentro do previsto, tanto em relação ao custo ou prazo.

Para o Desvio de Custo, o máximo valor obtido foi 16,63% e o mínimo -11,04%, substituindo o desvio nulo ( $DC=0\%$ ) na Equação 8 obtém-se o valor transformado de 6,01.

Para o Desvio de Prazo, o máximo valor obtido foi 23,51% e o mínimo -15,06%, substituindo o desvio nulo ( $DP=0\%$ ) na Equação 8 obtém-se o valor transformado de 6,01, coincidentemente igual ao Desvio de Custo.

Para o Desvio de Ritmo quanto maior o valor obtido melhor o desempenho do empreendimento, pois significa que a obra está sendo realizada com ritmo superior ao que foi previsto. Na transformação 10 representa o melhor valor e 0 o pior, quando o valor do desvio transformado no gráfico aumenta, significa que o desvio real também aumenta. Desvio 100% significa que a obra estava exatamente dentro do previsto, em relação ao ritmo esperado. Para o Desvio de Ritmo, substituindo na Equação 9 obtém-se o valor transformado de 0,63 correspondente ao desvio real igual a 100%.

Assim foi adotado, o valor de 6,01 para Desvio de Custo e de Prazo como parâmetro para comparação e 0,63 para o Desvio de Ritmo. Os gráficos apresentados nos itens 5.1.1 a 5.1.3 contém dados das quatro obras analisadas, sendo:

- Obra 1: faz parte do grupo composto pelas obras de terraplenagem, escavação e compactação do solo e tem duração de 31 meses;
- Obra 2: também compõe o grupo composto pelas obras de terraplenagem, escavação e compactação do solo e tem duração de 19 meses;
- Obra 3: faz parte do grupo composto pelas obras de estradas de acesso e pavimentação e tem duração de 14 meses;
- Obra 4: compõe o grupo composto pelas obras de estradas de acesso e pavimentação e tem duração de 16 meses.

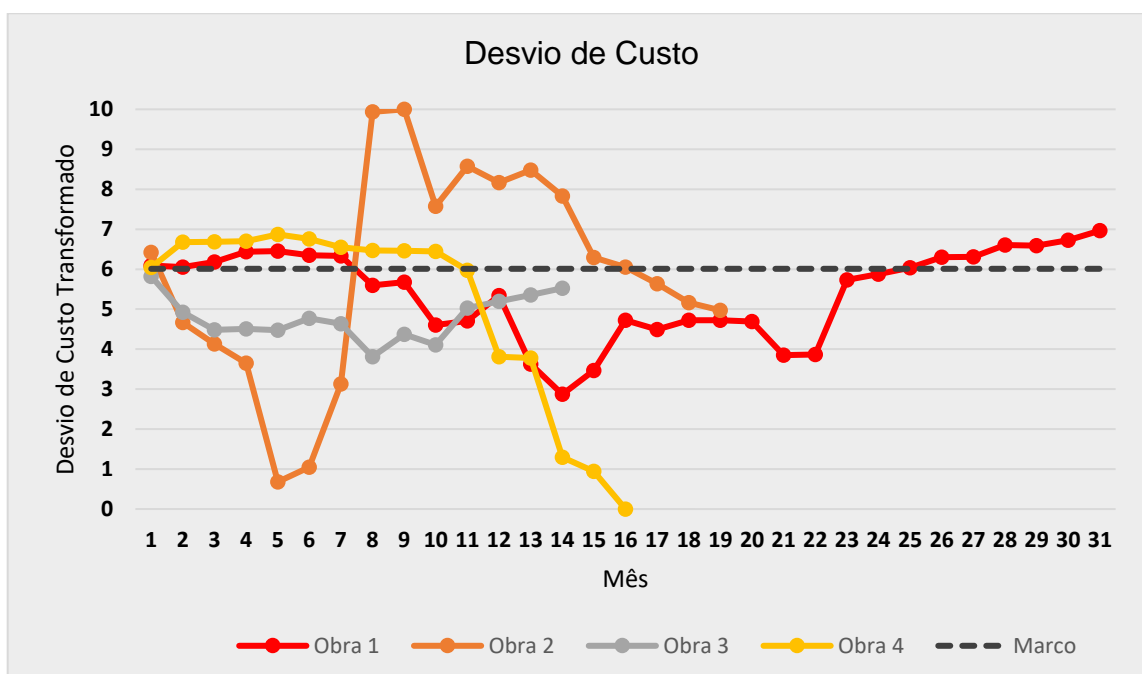
#### *5.1.1.Desvio de Custo*

Como descrito no item anterior para valores transformados quanto maior o valor obtido melhor o desempenho do empreendimento, pois significa que a obra está sendo realizada com um custo inferior ao que foi orçado. Tem-se como parâmetro o valor de 6,01, correspondente ao desvio de custo nulo. Valores abaixo mostram que a obra está com custo acima do que foi orçado e valores acima, mostram que a obra está com custo abaixo do que foi orçado. Esse parâmetro está destacado com uma linha tracejada cinza escuro conforme gráfico da Figura 3.

Na Figura 3 é possível observar que a Obra 1 (em vermelho) até o mês 7 a obra apresentava desvio de custo superior a 6,01, ou seja, abaixo do que foi orçado. Do mês 7 ao 24 o custo real ficou superior ao orçado, com um pico no Desvio de Custo

no mês 14, e que após do mês 25 até o término da obra, o custo real ficou inferior ao orçado. Para a Obra 2 (em laranja) é possível observar que no primeiro mês e entre o oitavo e décimo sexto mês apresentou custo real inferior ao previsto, mas a obra finaliza com custo um pouco acima do esperado. Para a Obra 3 (em cinza) pode-se verificar que durante todos os meses os valores estiveram abaixo de 6,01, encerrando a obra com o custo acima do previsto. Pode-se verificar que para a Obra 4 (em amarelo) nos primeiros meses o custo real era inferior ao previsto (superior a 6,01), porém na parte final da obra o desvio transformado diminui e a obra é concluída com o custo acima do previsto e pico máximo no último mês.

Figura 3 – Gráfico: Desvio de Custo



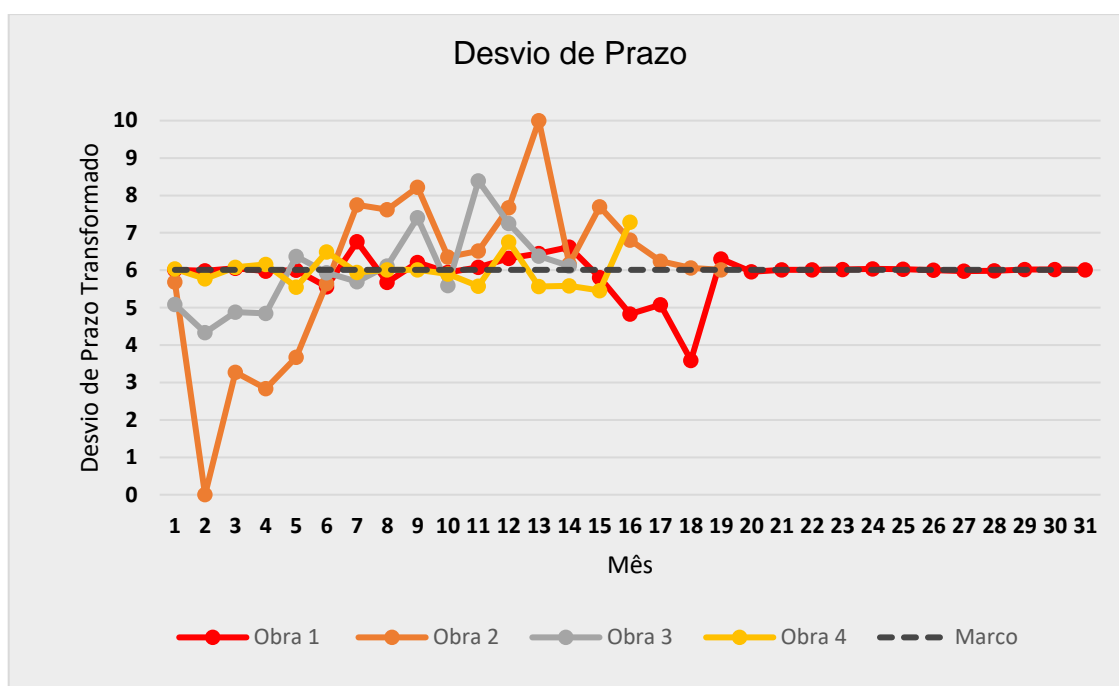
Fonte: Elaborada pela Autora

Conclui-se então que a Obra 2 apesar de finalizar com o custo um pouco acima do previsto, foi a que obteve o melhor desvio mensal, obtendo o valor 10 no mês 9 (Figura 6) e a Obra 4 apesar de manter um custo inferior ao que foi orçado nos 10 primeiros meses, foi a que obteve o pior desvio mensal, de valor 0 (Figura 6), no mês 16 (último mês). Por meio de análise do gráfico da Figura 3 é possível concluir também que Obra 1 e Obra 3 tiveram variações menores no desvio em relação as outras obras.

### 5.1.2. Desvio de Prazo

Assim como para o Desvio de Custo, tem-se como parâmetro o valor transformado de 6,01, correspondente ao desvio de prazo nulo. Valores abaixo mostram que a obra está atrasada e valores acima, mostram que a obra está adiantada. Esse parâmetro está destacado com uma linha tracejada cinza escuro conforme gráfico da Figura 4.

Figura 4 – Gráfico: Desvio de Prazo



Fonte: Elaborada pela Autora

Na Figura 4 é possível observar que para a Obra 1 (em vermelho) entre os meses 15 e 18 houve um atraso mais acentuado, entretanto, a partir do mês 19 se manteve mais constante com valores próximos a 6,01 e a obra foi concluída um pouco antes do previsto. Em relação a Obra 2 (em laranja) é possível identificar um pico de atraso no segundo mês, mas do sétimo até o décimo oitavo mês manteve valores acima de 6,01, finalizando exatamente dentro do prazo previsto. É importante ressaltar também que o Desvio de Prazo no último mês foi 0% devido a desmobilização que aconteceu quando a obra já estava finalizada. Pode-se observar que para a Obra 3 (em cinza) no início o Desvio de Prazo transformado estava abaixo de 6,01, ou seja, a obra estava atrasada. Oscilou bastante nos meses posteriores, e finalizou a obra um pouco antes do previsto. Para a Obra 4 (em amarelo) pode-se verificar que o Desvio de Prazo

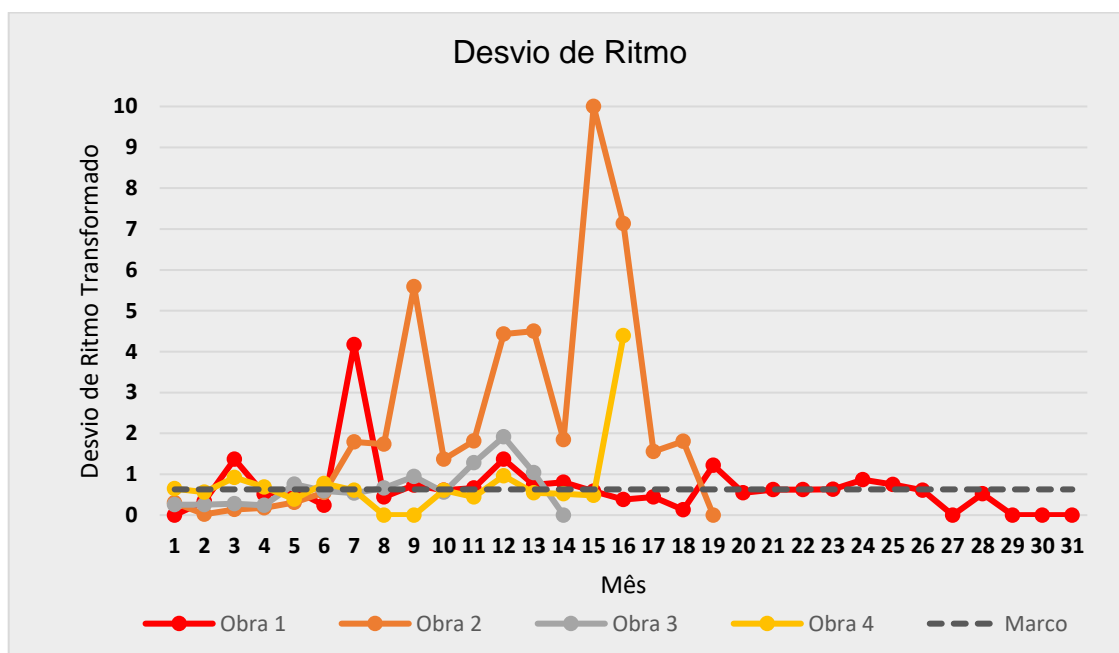
transformado teve poucas variações em relação ao previsto, oscilando entre 5,5 e 6,5. Na parte final observa-se maiores variações e terminando a obra antes do prazo previsto.

Por meio da análise gráfica da Figura 4 também pode-se concluir que a Obra 2 foi a que sofreu maiores variações durante sua execução atingindo o valor 0 no segundo mês e o valor 10 no mês 13. A Obra 4 apesar de ser a que demonstrou menor variação em seus valores, foi a obra que finalizou mais rapidamente em relação ao previsto.

### 5.1.3. Desvio de Ritmo

Como descrito no item 5.1, para o Desvio de Ritmo quanto maior o valor obtido melhor o desempenho do empreendimento. Tem-se como parâmetro o valor de 0,63, valor correspondente ao desvio de 100%. Valores abaixo mostram que a obra está com ritmo menor do que o esperado e valores acima, mostram que a obra está com ritmo maior do que esperado. Esse parâmetro está destacado com uma linha tracejada cinza escuro conforme gráfico da Figura 5.

Figura 5 – Gráfico: Desvio de Ritmo



Fonte: Elaborada pela Autora

De acordo com a Figura 5 é possível observar que para a Obra 1 (em vermelho) o maior desvio aconteceu no sétimo mês atingindo valor entre 4 e 5, e mantendo-se mais constante posteriormente. Para a Obra 2 (em laranja) pode-se observar que houve um pico na parte final da obra, atingindo valor 10 (maior desvio transformado). Pode-se observar na parte inicial (até o mês 4) da Obra 3 (em cinza) o Desvio de Ritmo transformado era mais constante e mantendo-se no ritmo planejado, entre os meses 5 e 9 os valores se mantiveram entre 0,5 e 1 e teve um pico no mês décimo segundo mês atingindo valor próximo a 2. Para a Obra 4 (em amarelo) é possível verificar um pico muito grande no último mês, que significa que a obra esteve bem acelerada no final.

Também é possível concluir que todas as obras, exceto a Obra 4, terminaram com Desvio de Ritmo transformado igual a 0 e isso acontece porque as obras sofreram mudanças de escopo durante a execução.

## **5.2.Caracterização das Variáveis**

Após a coleta de dados, transformação das variáveis e análise de cada obra separadamente, foi realizada a análise de estatística descritiva e caracterização das variáveis.

Baseando-se nos trabalhos de Pereira (2017) e Pereira (2018) foram elaborados os Quadros 2 e 3 nos quais os principais resultados de cada obra são apresentados. A coluna de situação foi preenchida de acordo com a média de cada desvio por obra analisada, uma vez que, como apresentado nos gráficos, o comportamento de cada desvio apresenta variações no decorrer da obra.

Os valores adotados para caracterização das variáveis são de 6,01 para o Desvio de Prazo e Custo transformados, pois corresponde a 0% do valor do desvio antes da transformação. E para o Desvio de Ritmo transformado o valor adotado é 0,63 pois corresponde a 100% do valor do desvio antes da transformação, conforme descrito e explicado no item 5.1.



Quadro 2 - Quadro Resumo dos indicadores DC e DP

Indicador transformado		Situação		Conclusão
		Menor que 6,01	Maior que 6,01	
DC (Desvio de Custo)	Obra 1	X		Custo superior ao orçado
	Obra 2	X		Custo superior ao orçado
	Obra 3	X		Custo superior ao orçado
	Obra 4	X		Custo superior ao orçado
DP (Desvio de Prazo)	Obra 1	X		Obra atrasada
	Obra 2		X	Obra adiantada
	Obra 3		X	Obra adiantada
	Obra 4		X	Obra adiantada

Fonte: Autora

Quadro 3 - Quadro Resumo do indicador DR

Indicador transformado		Situação		Conclusão
		Menor que 0,63	Maior que 0,63	
DR (Desvio de Ritmo)	Obra 1		X	Obra adiantada
	Obra 2		X	Obra adiantada
	Obra 3		X	Obra adiantada
	Obra 4		X	Obra adiantada

Fonte: Autora

Para maior assertividade e melhor conclusão acerca da correlação entre os indicadores foram realizadas análises estatísticas.

### 5.3. Análise Estatística

Após a caracterização das variáveis iniciam-se as análises estatísticas descritiva, de correlação e de regressão. A fim de caracterizar as etapas de acordo com os indicadores será realizada a análise estatística descritiva. Já para verificar uma possível relação entre as variáveis serão feitas as análises de correlação. Além disso, para estabelecer uma equação que expresse a relação entre as variáveis, serão realizadas análises de regressão.

### 5.3.1. Análise Descritiva

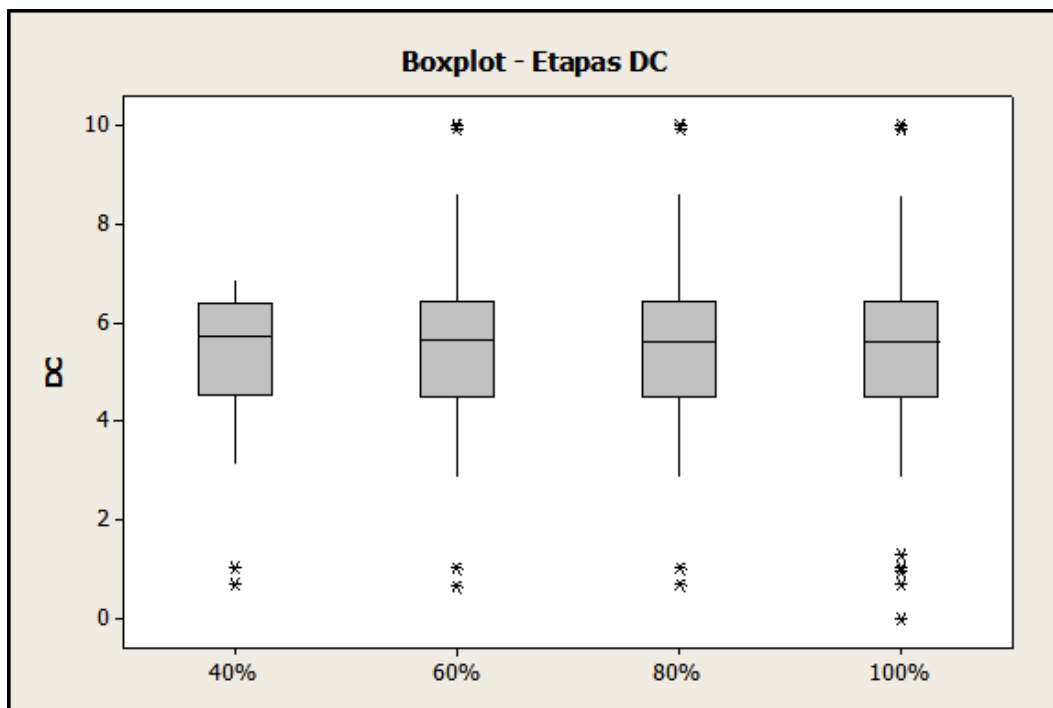
Nesta etapa iniciam-se as análises estatísticas descritivas das variáveis que consistem na determinação da média, desvio padrão, mínimo, mediana e máximo, para cada etapa parcial (40%, 60%, 80% e 100%) das obras, utilizando o *software MiniTab*. Os dados obtidos dessa análise estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise de Estatística Descritiva

Análise de Estatística Descritiva							
Etapas Parciais	Variável	Tamanho da amostra	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
40%	DC	30	5,25	1,57	0,68	5,75	6,87
	DP	30	5,43	1,44	0,00	5,96	7,74
	DR	30	0,67	0,77	0,00	0,53	4,17
60%	DC	46	5,44	1,83	0,68	5,64	10,00
	DP	46	5,65	1,34	0,00	5,98	8,22
	DR	46	0,79	1,00	0,00	0,57	5,59
80%	DC	63	5,45	1,75	0,68	5,59	10,00
	DP	63	5,92	1,37	0,00	6,01	10,00
	DR	63	1,06	1,58	0,00	0,61	10,00
100%	DC	80	5,36	1,83	0,00	5,61	10,00
	DP	80	5,98	1,24	0,00	6,01	10,00
	DR	80	1,09	1,64	0,00	0,61	10,00

Fonte: Elaborada pela Autora

Analisando-se os dados apresentados na Tabela 1 observa-se que o melhor desvio de custo médio apresentado foi na etapa de 80% com valor de 5,45 (correspondente a 1,54% na escala real), seguido pela etapa de 60% com valor 5,44 (1,57 na escala real), bem próximo ao da etapa de 80%. A etapa correspondente ao total da obra (100%) obteve média de 5,36 na escala transformada (1,79% na escala real). Com o pior resultado, a etapa inicial de 40% obteve valor médio de 5,25 na escala transformada (2,1% na escala real). Observando o valor da média real percebe-se que as obras apresentaram valores próximos e custo acima do que foi orçado em todas as etapas. Esses resultados podem ser melhor visualizados no gráfico *boxplot* apresentado na Figura 6.

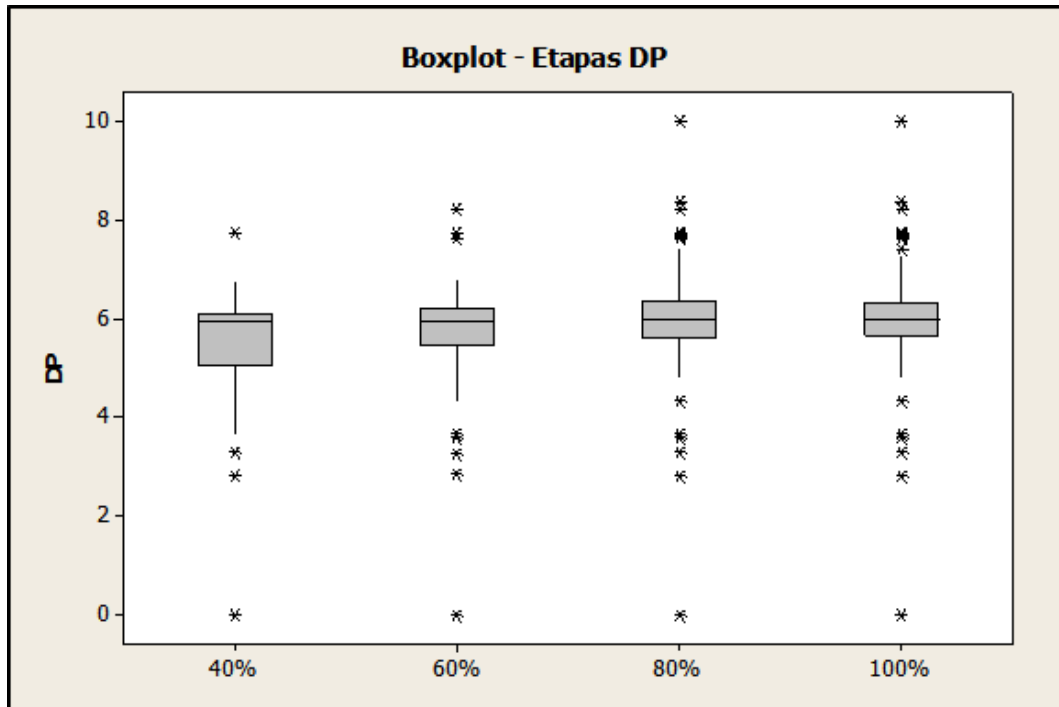
Figura 6 – Gráfico: *Boxplot* - Desvio de Custo

Fonte: Elaborada pela Autora

Observando a Tabela 1, o desvio de prazo transformado médio apresentado foi melhor para a etapa de 100% com valor de 5,98 (0,12% na escala real), seguido pela etapa de 80% com valor de 5,92 (0,35% na escala real). A etapa de 60% apresentou valor médio transformado de 5,65 (1,41% na escala real), e o pior valor corresponde a etapa de 40% com valor de 5,43 na escala transformada (2,27% na escala real). É possível perceber que os valores de desvio de prazo na escala real foram diminuindo à medida que a obra avançava, ou seja, se aproximando do prazo previsto, conforme gráfico *boxplot* apresentado na Figura 7.

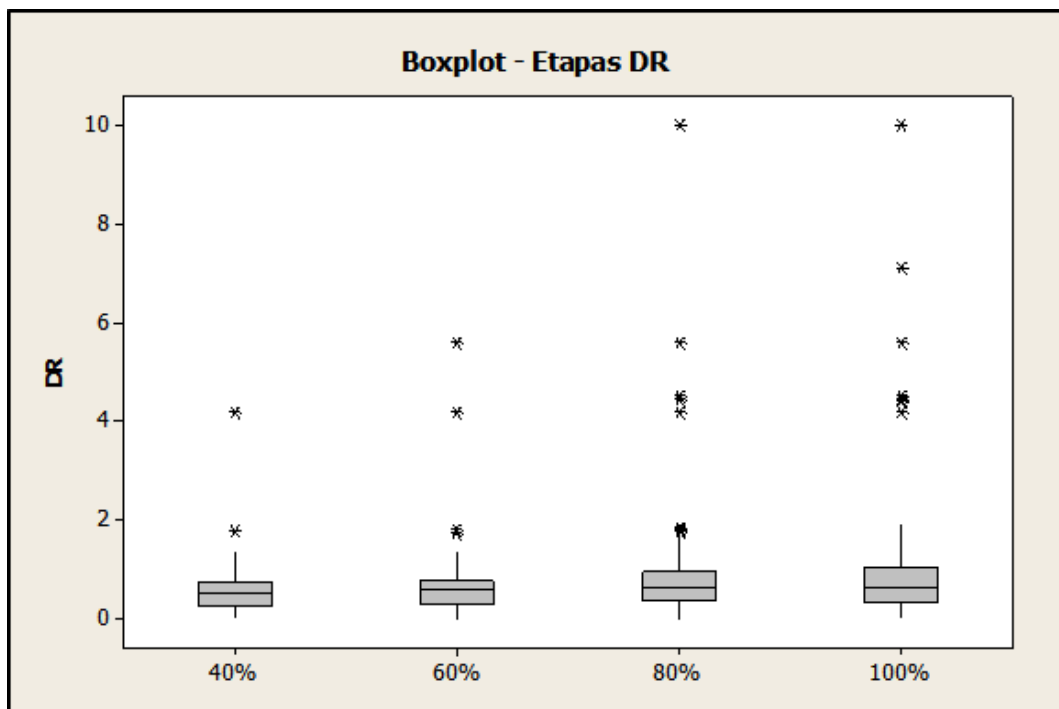
O desvio de ritmo transformado médio obteve resultados parecidos com os observados para o desvio de prazo, conforme Tabela 1. O melhor valor foi obtido na etapa de 100% com valor de 1,09 na escala transformada (179,8% na escala real). Seguido pelas etapas de 80%, 60% e com o pior resultado a etapa de 40%. Esses resultados podem ser visualizados no gráfico *boxplot* apresentado na Figura 8.

Figura 7 – Gráfico: *Boxplot* - Desvio de Prazo



Fonte: Elaborada pela Autora

Figura 8 – Gráfico: *Boxplot* - Desvio de Ritmo



Fonte: Elaborada pela Autora

Observando os gráficos *boxplot* é possível perceber que, à medida que as obras avançam, em geral, os indicadores ficam melhores. Isso pode ser explicado porque o próprio progresso do empreendimento possibilita certo aperfeiçoamento, uma vez que em seu decorrer o planejamento já se encontra mais maduro, os problemas iniciais e suas causas já foram identificados, tornando possível a antecipação de determinadas situações, já que, os profissionais poderão conhecer previamente o que devem fazer e quais dificuldades enfrentarão. Além disso as metodologias utilizadas já estão mais consolidadas, confiáveis e consistentes, e a experiência profissional e efeito aprendizagem também contribuem.

Com isso o planejamento real tende a se aproximar do planejado para que a obra consiga cumprir o previsto, afinal, essas obras apresentam muitas contratuais, caso os marcos de entrega não sejam cumpridos.

### 5.3.2. Análise de Correlação

A fim de verificar uma possível relação de dependência entre os indicadores das obras estudadas e calcular o grau de dependência entre duas variáveis, será realizada a análise de correlação utilizando o *software MiniTab*.

Segundo Levin *et al.* (2012) a análise de correlação fornece um número, coeficiente de Pearson ( $r$ ), indicando como duas variáveis variam conjuntamente, medindo a intensidade e a direção da relação linear entre elas. Ainda de acordo com Levin *et al.* (2012), a significância estatística é um procedimento para se verificar a discrepância de uma hipótese e é medida pelo valor  $p$ . Logo, quanto mais alto o valor  $p$ , menos se pode acreditar na relação entre as variáveis. Pode-se dizer que o resultado é estatisticamente significativo quando o valor  $p$  é menor que o nível de significância  $\alpha$  que neste trabalho foi fixado em 0,05. Foram realizadas três análises diferentes, relacionadas a seguir, para cada etapa parcial (40%, 60%, 80% e 100%), totalizando 12 análises.

- Análise 1: Desvio de Custo x Desvio de Prazo
- Análise 2: Desvio de Custo x Desvio de Ritmo
- Análise 3: Desvio de Prazo x Desvio de Ritmo

Os resultados obtidos nas 12 análises de correlação entre as variáveis estudadas estão mostrados na Tabela 2. Nela são apresentados os coeficientes de correlação de Pearson ( $r$ ), os resultados do teste de significância ( $p$ ) e a conclusão do resultado de cada teste.

Analisando os valores obtidos para o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) apresentados na Tabela 2 observa-se que em todos os testes os valores são positivos. Isto significa que as variáveis possuem uma relação direta, ou seja, quanto maior o valor de uma variável, maior o valor de outra, conforme esperado.

Tabela 2 – Análise de Correlação

<b>Análise de Correlação - Comparativo</b>				
<b>Etapa</b>	<b>Variáveis</b>	<b>r</b>	<b>p</b>	<b>Significância Estatística</b>
<b>40%</b>	<b>DC-DP</b>	0,329	0,076	Não rejeita-se $H_0$
	<b>DC-DR</b>	0,127	0,505	Não rejeita-se $H_0$
	<b>DP-DR</b>	0,474	0,008	Rejeita-se $H_0$
<b>60%</b>	<b>DC-DP</b>	0,417	0,004	Rejeita-se $H_0$
	<b>DC-DR</b>	0,436	0,002	Rejeita-se $H_0$
	<b>DP-DR</b>	0,54	0	Rejeita-se $H_0$
<b>80%</b>	<b>DC-DP</b>	0,414	0,001	Rejeita-se $H_0$
	<b>DC-DR</b>	0,394	0,001	Rejeita-se $H_0$
	<b>DP-DR</b>	0,542	0	Rejeita-se $H_0$
<b>100%</b>	<b>DC-DP</b>	0,328	0,003	Rejeita-se $H_0$
	<b>DC-DR</b>	0,219	0,051	Não rejeita-se $H_0$
	<b>DP-DR</b>	0,521	0	Rejeita-se $H_0$

Fonte: Elaborada pela Autora

É importante lembrar que quanto mais próximo de um o coeficiente de Pearson ( $r$ ) estiver, maior é a correlação entre as variáveis. Na Tabela 2 pode-se verificar que a maior correlação em todas as etapas parciais ocorre entre DP-DR, com os valores de 0,474 (Etapa 40%); 0,54 (Etapa 60%); 0,542 (Etapa 80%); e 0,521 (Etapa 100%). Já a menor correlação encontrada em três das quatro etapas parciais (40%, 80% e 100%) foi entre DC-DR, já na etapa parcial de 60%, o menor valor para o coeficiente  $r$  foi entre DC-DP.

Ainda de acordo com a Tabela 2, pode-se observar que o menor valor de p foi obtido para as relações DP-DR em todas as etapas parciais, sendo 3 delas com resultado igual a zero. Já o maior valor para o teste de significância (p) foi de 0,505 (Etapa 40%) para a relação DC-DR, e em duas etapas parciais (40% e 100%) não foi rejeitada  $H_0$ , o que significa que não existe correlação na população ou que os resultados não são estatisticamente significantes, e isso se aplica também para a relação DC-DP na etapa parcial de 40%. Nas etapas parciais de 60% e 80% todos os resultados foram estatisticamente significantes já que os dois valores são menores que  $\alpha = 0,05$ .

Com os resultados obtidos e constatando-se a correlação entre as variáveis, foram realizados os testes de regressão para sete equações (Modelos 1 a 7) e uma equação múltipla (Modelo 8) a fim de estudar o grau de relacionamento entre os indicadores.

### 5.3.3. Análise de Regressão

Assim como para a realização da análise de correlação, foi utilizado o *software MiniTab* para a análise de regressão. Foram realizadas análises com todas as variáveis do estudo, que são os indicadores, alterando entre variáveis dependente e independente. As análises também foram separadas em etapas parciais de 40%, 60%, 80% e 100%.

Serão apresentados os resultados obtidos pelos testes de regressão realizados entre as variáveis para sete modelos de regressão simples (Modelo 1 a 7) e para análise de regressão múltipla (Modelo 8), separados pelas etapas parciais.

Além de testar a significância da regressão, é importante avaliar a quantidade de variabilidade dos dados explicada pelo modelo. Esta avaliação é realizada por meio do coeficiente de determinação  $R^2$ .

#### 5.3.3.1. Etapa Parcial: 40%

Esta parte compreende a etapa de 40% do total das obras. A mesma apresentou dois valores em que a significância não rejeitou  $H_0$  para os testes de correlação (Tabela 2) e agora serão apresentados os testes de regressão.

### 5.3.2.1.1 DC como variável dependente

Na Tabela 3 apresenta-se os valores obtidos pelos testes de regressão realizados para todos os modelos entre as variáveis, nas relações em que DC é a variável dependente para a etapa parcial de 40%.

Tabela 3 – Etapa Parcial 40% - DC Dependente

DC Dependente				
Relação	Modelo	Equação	p	R <sup>2</sup>
DC-DP	1	$DC = 3,310 + 0,3570 DP$	0,076	10,80%
	2	$DC = - 0,194 + 3,202 \ln DP$	0,019	18,80%
	3	$DC = 5,242 + 0,000020 e^{DP}$	0,978	0%
	4	$DC = 8,022 - 14,78 \frac{1}{DP}$	0,015	20,10%
	5	$DC = 0,9485 DP^{0,9530}$	0,037	15,20%
	6	$DC = 3,618 + 0,1484 DP + 0,02619 DP^2$	0,202	11,20%
	7	$DC = 4,813 - 3,412 DP + 1,194 DP^2 - 0,09972 DP^3$	0,009	35,20%
DC-DR	1	$DC = 5,079 + 0,2556 DR$	0,505	1,60%
	2	$DC = 5,468 + 0,3241 \ln DR$	0,31	3,80%
	3	$DC = 5,182 + 0,01711 e^{DR}$	0,507	1,60%
	4	$DC = 5,299 - 0,01918 \frac{1}{DR}$	0,575	1,20%
	5	$DC = 5,043 DR^{0,0703}$	0,508	1,60%
	6	$DC = 5,049 + 0,329 DR - 0,0192 DR^2$	0,802	1,60%
	7	$DC = 4,347 + 3,557 DR - 2,922 DR^2 + 0,5233 DR^3$	0,572	7,30%
Múltipla	8	$DC = 3,26 + 0,376 DP - 0,076 DR$	0,209	11%

Fonte: Elaborada pela Autora

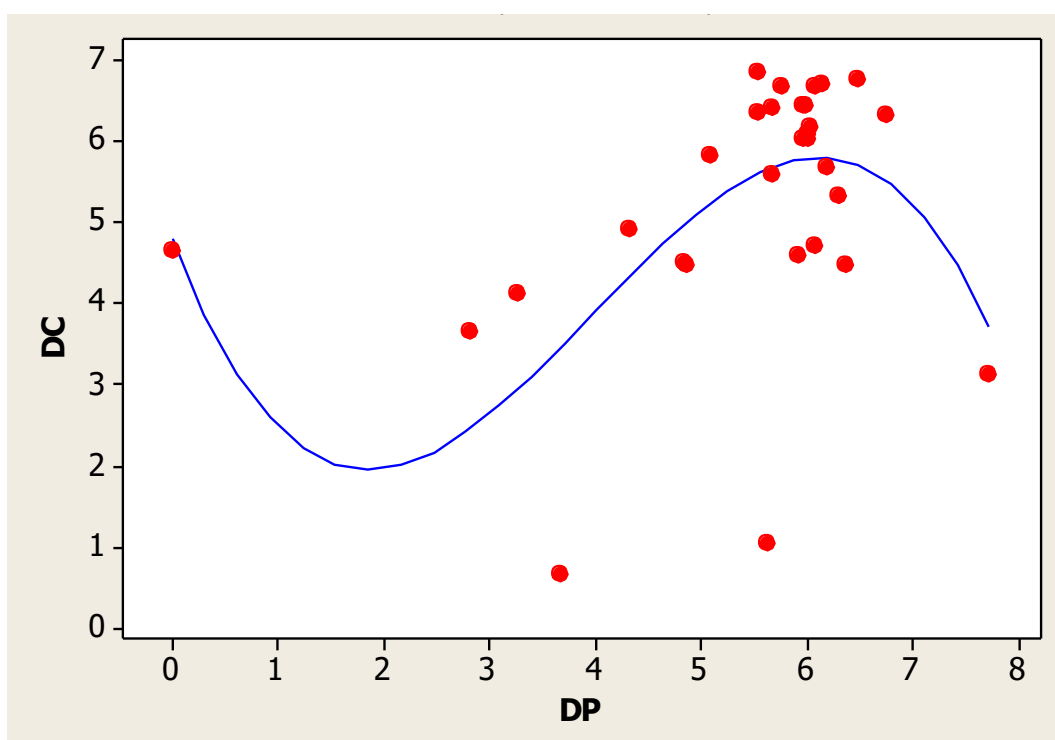
Observa-se na Tabela 3 que entre as relações DC-DP com DC como variável dependente dos 7 modelos de equações apresentadas, 3 deles (modelos 1, 3 e 6) não podem ser considerados úteis para explicar a variabilidade, uma vez que, os valores de p mostram-se superiores ao nível de significância  $\alpha = 0,05$  e os mesmos apresentam também os menores valores para R<sup>2</sup>. Em contrapartida, obteve-se 4 resultados (modelos 2, 4, 5 e 7) em que o valor p estava abaixo do nível de significância  $\alpha$ , desses 4 valores, o modelo 7 foi o que apresentou os melhores resultados, com R<sup>2</sup>=35,20. O modelo é representado graficamente na Figura 9 e possui a melhor equação para representar a relação entre DP e DC.



Quando se observa na Tabela 3 a relação entre DC-DR tem-se todos os valores superiores ao nível de significância  $\alpha$ . Isso mostra que a relação DC-DR (DC Dependente) é mais fraca do que quando comparado a DC-DP (DC Dependente).

O modelo 8 (equação múltipla) que relaciona os três indicadores, quando se tem DC dependente obteve valor p maior que  $\alpha$ , com  $p=0,209$ , e  $R^2$  teve valor baixo, igual a 11%. Os outros gráficos referentes a essa análise são apresentados nas Figuras de A.7 a A.12 e A.19 a A.25 contidos no Apêndice A.

Figura 9 – Gráfico: Modelo 7 – DC-DP (DC Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

#### 5.3.2.1.2 DP como variável dependente

Na Tabela 4 apresenta-se os valores obtidos pelos testes de regressão realizados para todos os modelos entre as variáveis, nas relações em que DP é a variável dependente para a etapa parcial de 40%.

Observa-se na Tabela 4 que entre as relações DP-DC com DP como variável dependente dos 7 modelos apresentados, 5 deles (modelos 1, 2, 4, 6 e 7) não podem

ser consideradas úteis para explicar a variabilidade, uma vez que, os valores de p mostram-se superiores ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ .

Ainda observando na Tabela 4 as relações entre DP-DC, apenas 2 modelos (modelos 3 e 5) tiveram p abaixo do nível de significância  $\alpha$ , desses 2 valores, o modelo 5 foi o que apresentou os melhores resultados, com  $R^2=15,20\%$ . O gráfico do modelo linearizado da equação (lnDP versus lnDC) é apresentado na Figura 10 para melhor visualização dos resultados.

Tabela 4 – Etapa Parcial 40% - DP Dependente

DP Dependente				
Relação	Modelo	Equação	p	R <sup>2</sup>
DP-DC	1	$DP = 3,840 + 0,3036 DC$	0,076	10,80%
	2	$DP = 4,259 + 0,7470 \ln DC$	0,152	7,20%
	3	$DP = 4,776 + 0,001796 e^{DC}$	0,043	13,90%
	4	$DP = 5,735 - 1,178 \frac{1}{DC}$	0,237	4,90%
	5	$DP = 4,2888 DC^{0,1593}$	0,037	15,20%
	6	$DP = 5,071 - 0,4561 DC + 0,09212 DC^2$	0,114	14,90%
	7	$DP = 4,027 + 1,033 DC - 0,3570 DC^2 + 0,03772 DC^3$	0,208	15,80%
DP-DR	1	$DP = 4,842 + 0,8820 DR$	0,008	22,40%
	2	$DP = 6,453 + 1,364 \ln DR$	0	79%
	3	$DP = 5,323 + 0,02766 e^{DR}$	0,241	4,90%
	4	$DP = 5,951 - 0,1321 \frac{1}{DR}$	0	65,60%
	5	$DP = 6,341 DR^{0,2215}$	0	57,80%
	6	$DP = 3,817 + 3,430 DR - 0,6631 DR^2$	0	46,90%
	7	$DP = 3,182 + 6,349 DR - 3,288 DR^2 + 0,4731 DR^3$	0	52,40%
Múltipla	8	$DP = 3,56 + 0,252 DC + 0,817 DR$	0,008	29,80%

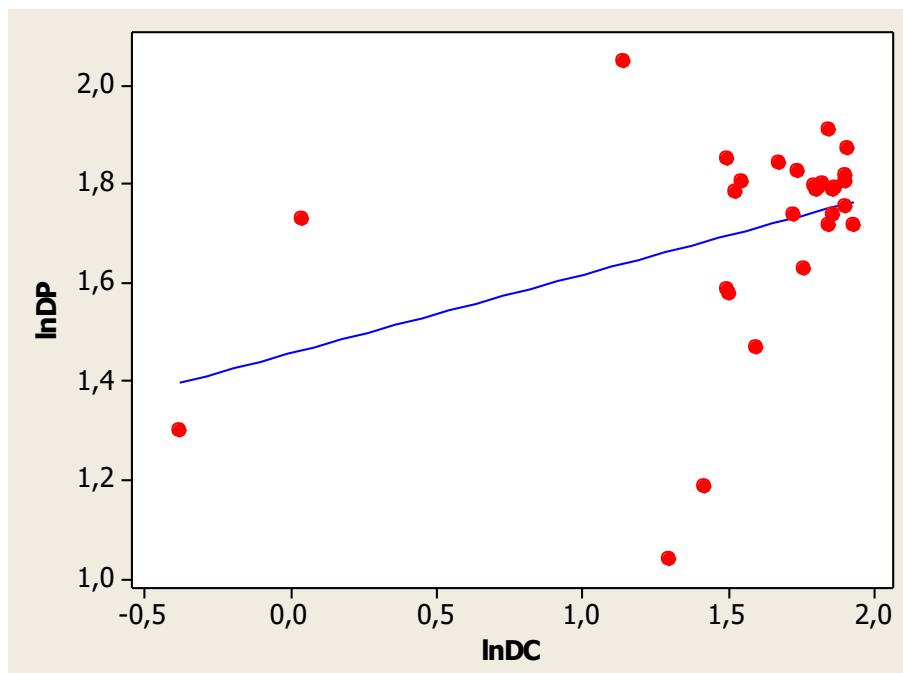
Fonte: Elaborada pela Autora

Quando se analisa a Tabela 4 na relação DP-DR observa-se que apenas o modelo 3 possui p maior que  $\alpha$ . Entre os valores de p que ficaram inferiores a  $\alpha$ , 5 modelos (modelos 2, 4, 5, 6 e 7) apresentaram p=0, e dentre esses o que apresentou o maior valor para  $R^2$ , foi o modelo 2 com  $R^2=79\%$ . Na Figura 11 apresenta-se o gráfico de dispersão do modelo 2.

O modelo 8 (equação múltipla) que relaciona os três indicadores, quando se tem DP dependente obteve valor p menor que  $\alpha$ , com p=0,008, e  $R^2$  maior do que a equação

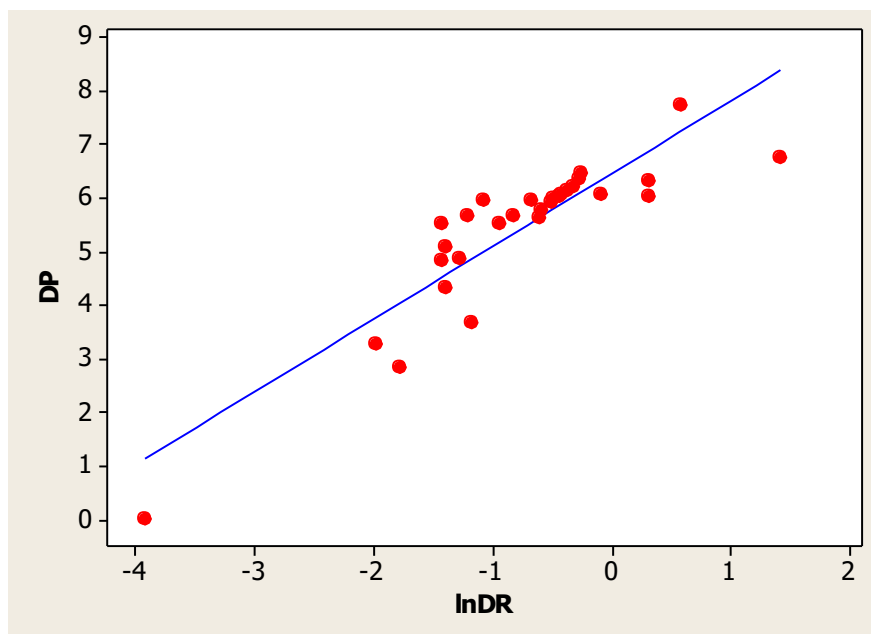
múltipla que teve DC como variável dependente, agora com  $R^2=29,80\%$ . Demais gráficos das equações em que DP é a variável dependente são apresentados nas Figuras A.1 a A.6 e A.32 a A.37 do Apêndice A.

Figura 10 – Gráfico: Modelo 5 – DP-DC (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

Figura 11 – Gráfico: Modelo 2 – DP-DR (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

### 5.3.2.1.3 DR como variável dependente

Na Tabela 5 apresenta-se os valores obtidos pelos testes de regressão realizados para todos os modelos entre as variáveis, nas relações em que DR é a variável dependente para a etapa parcial de 40%.

Tabela 5 – Etapa Parcial 40% - DR Dependente

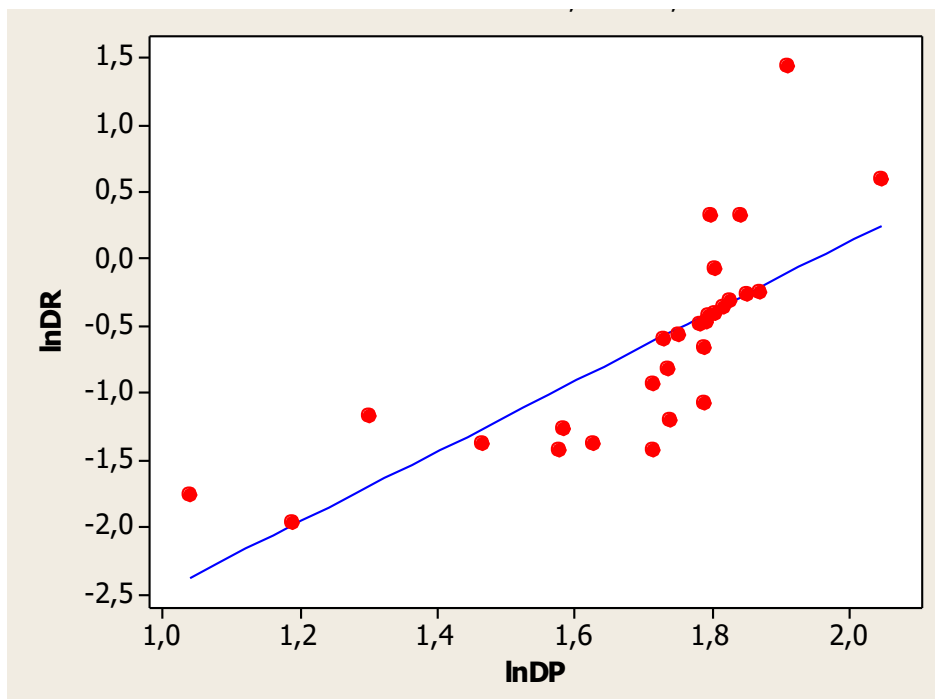
DR Dependente				
Relação	Modelo	Equação	p	R <sup>2</sup>
DR-DC	1	$DR = 0,3414 + 0,06265 DC$	0,505	1,60%
	2	$DR = 0,4154 + 0,1622 \ln DC$	0,569	1,20%
	3	$DR = 0,5359 + 0,000367 e^{DC}$	0,455	2%
	4	$DR = 0,7403 - 0,2735 \frac{1}{DC}$	0,613	0,90%
	5	$DR = 0,325DC^{0,2325}$	0,508	1,60%
	6	$DR = 0,5825 - 0,0861 DC + 0,01804 DC^2$	0,747	2,10%
	7	$DR = 0,051 + 0,673 DC - 0,2108 DC^2 + 0,01922 DC^3$	0,851	2,90%
DR-DP	1	$DR = - 0,7111 + 0,2542 DP$	0,008	22,40%
	2	$DR = - 2,161 + 1,672 \ln DP$	0,012	21,40%
	3	$DR = 0,2389 + 0,001086 e^{DP}$	0,001	33,40%
	4	$DR = 1,906 - 6,516 \frac{1}{DP}$	0,03	16,30%
	5	$DR = 0,006DP^{2,611}$	0	57,80%
	6	$DR = 0,2900 - 0,4247 DP + 0,08523 DP^2$	0,002	37,30%
	7	$DR = 0,0648 + 0,2462 DP - 0,1349 DP^2 + 0,01879 DP^3$	0,003	40,80%
Múltipla	8	$DR = - 0,657 - 0,0163 DC + 0,260 DP$	0,032	22,50%

Fonte: Elaborada pela Autora

Observa-se na Tabela 5 que entre as relações DR-DC com DR como variável dependente todos os 7 modelos apresentados não podem ser consideradas úteis para explicar a variabilidade, uma vez que, os valores de p mostram-se superiores ao nível de significância  $\alpha = 0,05$  e os mesmos apresentam valores muito baixos para R<sup>2</sup>.

Ainda observando na Tabela 5 as relações entre DR-DP, ao contrário das relações DR-DC, apresentaram todos os modelos com p inferior ao nível de significância  $\alpha$ . O modelo 5 foi o que apresentou os melhores resultados, com R<sup>2</sup>=57,80%. Na Figura 12 apresenta-se o gráfico do modelo linearizado da equação (lnDR versus lnDP).

Figura 12 – Gráfico: Modelo 5 – DR-DP (DR Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

O modelo 8 (equação múltipla) que relaciona os três indicadores, quando se tem DR dependente obteve valor  $p$  menor que  $\alpha$ , com  $p=0,032$ , e  $R^2$  entre os valores apresentados nas equações múltiplas de DC e DP dependentes, agora com  $R^2=22,50\%$ . Demais gráficos referentes a essa análise em que DR é a variável dependente para a etapa de 40% estão apresentados nas Figuras A.13 a A.18 e A.26 a A.31 contidos no Apêndice A.

#### 5.3.3.2. Etapa Parcial: 60%

Esta parte compreende a etapa de 60% do total das obras. A mesma apresentou valores em que a significância rejeitou  $H_0$  para todos os testes de correlação (Tabela 2), e agora serão apresentados os testes de regressão.

##### 5.3.2.2.1 DC como variável dependente

Na Tabela 6 apresenta-se os valores obtidos pelos testes de regressão realizados para todos os modelos entre as variáveis, nas relações em que DC é a variável dependente para a etapa parcial de 60%.

Tabela 6 – Etapa Parcial 60% - DC Dependente

DC Dependente				
Relação	Modelo	Equação	p	R <sup>2</sup>
DC-DP	1	$DC = 2,230 + 0,5682 DP$	0,004	17,40%
	2	$DC = - 1,801 + 4,185 \ln DP$	0,001	22,10%
	3	$DC = 4,807 + 0,001249 e^{DP}$	0,002	19%
	4	$DC = 8,773 - 18,36 \frac{1}{DP}$	0,002	19,40%
	5	$DC = 0,9759 DP^{0,9449}$	0,005	16,70%
	6	$DC = 4,401 - 0,6027 DP + 0,1320 DP^2$	0,002	24,50%
	7	$DC = 4,585 - 0,974 DP + 0,2408 DP^2 - 0,00851 DP^3$	0,007	24,70%
DC-DR	1	$DC = 4,816 + 0,7938 DR$	0,002	19,00%
	2	$DC = 5,854 + 0,7927 \ln DR$	0,007	16,30%
	3	$DC = 5,274 + 0,01802 e^{DR}$	0,007	15,50%
	4	$DC = 5,472 - 0,02762 \frac{1}{DR}$	0,439	1,50%
	5	$DC = 5,355 DR^{0,1357}$	0,083	7,10%
	6	$DC = 4,842 + 0,7370 DR + 0,0117 DR^2$	0,011	19,00%
	7	$DC = 4,759 + 1,045 DR - 0,1959 DR^2 + 0,0288 DR^3$	0,029	19,10%
Múltipla	8	$DC = 3,04 + 0,350 DP + 0,541 DR$	0,003	24%

Fonte: Elaborada pela Autora

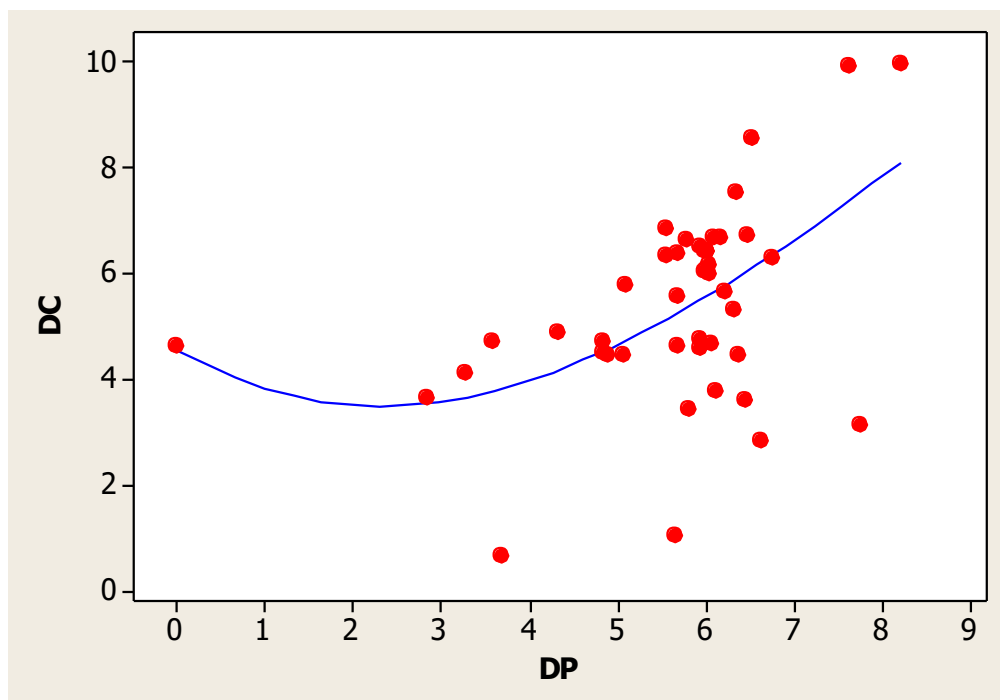
Observa-se na Tabela 6 que entre as relações DC-DP com DC como variável dependente todas podem ser consideradas úteis para explicar a variabilidade, uma vez que, os valores de p mostram-se inferiores ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ , com R<sup>2</sup> variando entre 16% e 25%. Dentre elas o modelo 7 apesar de apresentar o valor mais alto de p, apresentou também o melhor valor de R<sup>2</sup>, igual a 24,70%. O gráfico desse modelo está apresentado na Figura 13.

Quando se observa na Tabela 6 a relação entre DC-DR tem-se apenas 2 valores com p maior que  $\alpha$  (modelos 4 e 5), em que os mesmos apresentaram os menores valores de R<sup>2</sup>. O melhor resultado, como na relação DC-DP, também foi observado no modelo 7 (Figura 14) com R<sup>2</sup>=19,10%. É importante destacar que os modelos 1 e 6 tiveram valores de R<sup>2</sup> próximos ao melhor resultado que foi obtido pelo modelo 7, chegando a R<sup>2</sup>=19%.

O modelo 8 (equação múltipla) que relaciona os três indicadores, quando se tem DC dependente obteve valor p inferior a  $\alpha$ , com p=0,003, e R<sup>2</sup> melhor do que na etapa parcial de 40%, igual a 24%. Demais gráficos referentes a essa análise em que DC é

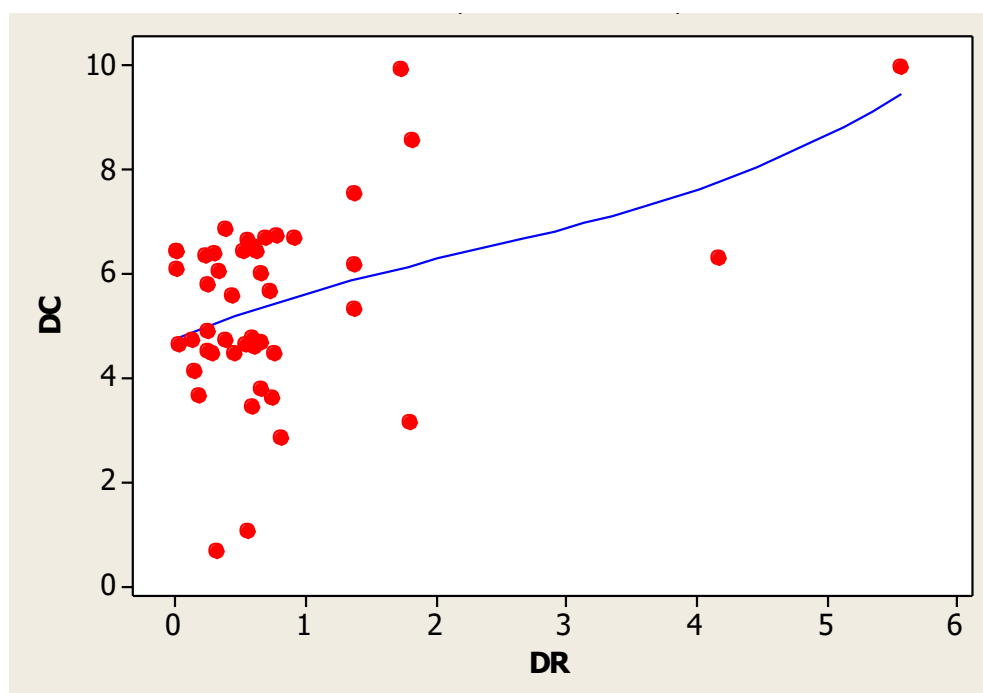
a variável dependente para a etapa de 60% estão apresentados nas Figuras B.7 a B.12 e B.20 a B.25 contidos no Apêndice B.

Figura 13 – Gráfico: Modelo 7 – DC-DP (DC Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

Figura 14 – Gráfico: Modelo 7 – DC-DR (DC Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

### 5.3.2.2.2 DP como variável dependente

Na Tabela 7 apresenta-se os valores obtidos pelos testes de regressão realizados para todos os modelos entre as variáveis, nas relações em que DP é a variável dependente para a etapa parcial de 60%.

Tabela 7 – Etapa Parcial 60% - DP Dependente

DP Dependente				
Relação	Modelo	Equação	p	R <sup>2</sup>
DP-DC	1	$DP = 3,981 + 0,3064 DC$	0,004	17,40%
	2	$DP = 4,136 + 0,9373 \ln DC$	0,025	10,90%
	3	$DP = 5,478 + 0,000123 e^{DC}$	0,006	16,10%
	4	$DP = 5,992 - 1,462 \frac{1}{DC}$	0,102	6,00%
	5	$DP = 4,259 DC^{0,1770}$	0,005	16,70%
	6	$DP = 5,229 - 0,2124 DC + 0,04791 DC^2$	0,005	21,70%
	7	$DP = 4,889 + 0,0785 DC - 0,0151 DC^2 + 0,00386 DC^3$	0,015	21,90%
DP-DR	1	$DP = 5,081 + 0,7221 DR$	0	29,20%
	2	$DP = 6,414 + 1,315 \ln DR$	0	82%
	3	$DP = 5,547 + 0,01098 e^{DR}$	0,026	10,70%
	4	$DP = 6,063 - 0,1277 \frac{1}{DR}$	0	57,40%
	5	$DP = 6,315 DR^{0,2172}$	0	66,70%
	6	$DP = 4,467 + 2,070 DR - 0,2773 DR^2$	0	41,90%
	7	$DP = 4,043 + 3,636 DR - 1,332 DR^2 + 0,1462 DR^3$	0	48,20%
Múltipla	8	$DP = 4,29 + 0,165 DC + 0,591 DR$	0	33,20%

Fonte: Elaborada pela Autora

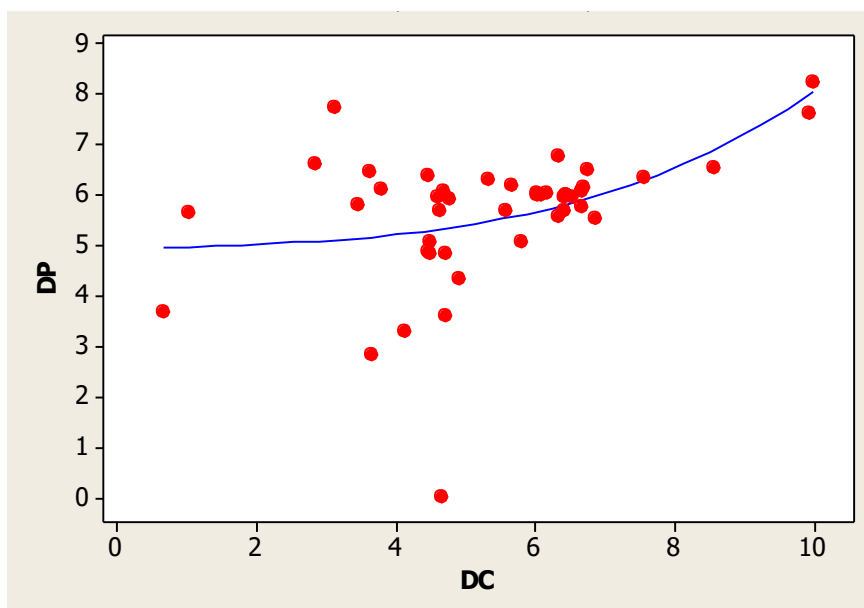
Observa-se na Tabela 7 que entre as relações DP-DC com DP como variável dependente dos 7 modelos apresentados, apenas o modelo 4 não pode ser considerado útil para explicar a variabilidade, uma vez que, o valor de p mostra-se superior ao nível de significância. Dentre as que apresentaram p abaixo do nível de significância  $\alpha$ , mais uma vez o modelo 7 foi o que apresentou o melhor resultado para R<sup>2</sup>, igual a 21,90%. A Figura 15 apresenta o gráfico desse modelo para melhor visualização do resultado.

Quando se observa na Tabela 7 a relação entre DP-DR, todos os resultados tem valores p inferiores a  $\alpha$ , e valores de R<sup>2</sup> bem mais altos do que as outras relações apresentadas até agora para esta etapa parcial. Isso mostra que a relação DP-DR



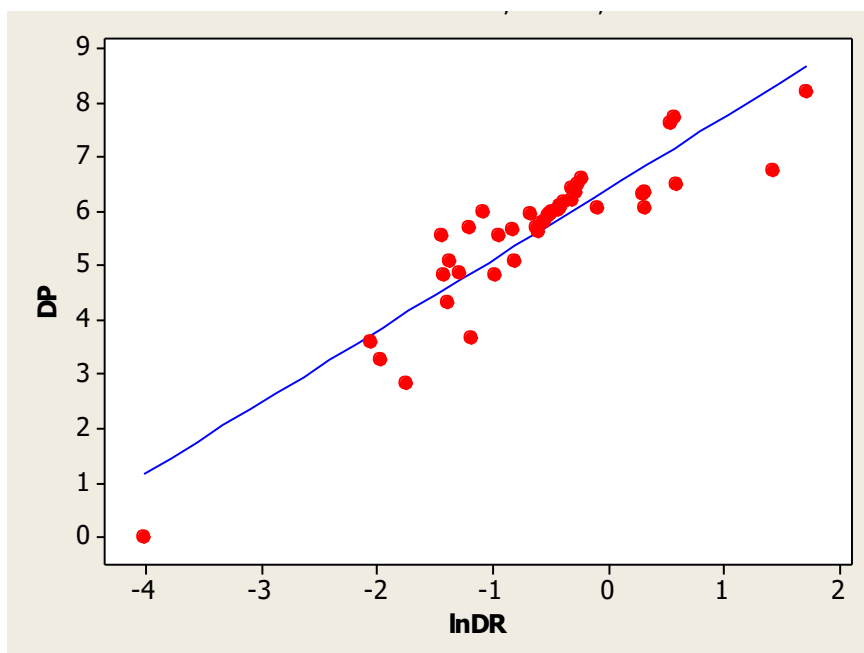
(DP Dependente) é mais forte do que quando comparado a DP-DC (DP Dependente). Entre os valores de p que ficaram inferiores a  $\alpha$ , 6 modelos apresentaram  $p=0$ , dentre esses o que apresentou o maior valor para  $R^2$ , foi o modelo 2 com  $R^2=82,20$ . A Figura 16 apresenta o gráfico desse modelo para melhor visualização do resultado.

Figura 15 – Gráfico: Modelo 7 – DP-DC (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

Figura 16 – Gráfico: Modelo 2 – DP-DR (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

O modelo 8 (equação múltipla) que relaciona os três indicadores, quando se tem DP dependente obteve valor p menor que  $\alpha$ , com  $p=0$ , e  $R^2$  maior do que a equação múltipla que teve DC como variável dependente, agora com  $R^2=33,20\%$ . Demais gráficos referentes a análise de regressão em que DP é a variável dependente para a etapa de 60% estão apresentados nas Figuras B.1 a B.6 e B.32 a B.37 contidos no Apêndice B.

### 5.3.2.2.3 DR como variável dependente

Na Tabela 8 apresenta-se os valores obtidos pelos testes de regressão realizados para todos os modelos entre as variáveis, nas relações em que DR é a variável dependente para a etapa parcial de 60%.

Tabela 8 – Etapa Parcial 60% - DR Dependente

DR Dependente				
Relação	Modelo	Equação	p	R <sup>2</sup>
DR-DC	1	$DR = - 0,5170 + 0,2394 DC$	0,002	19,00%
	2	$DR = - 0,1681 + 0,5910 \ln DC$	0,061	7,80%
	3	$DR = 0,5766 + 0,000151 e^{DC}$	0	43%
	4	$DR = 0,9362 - 0,6421 \frac{1}{DC}$	0,341	2,10%
	5	$DR = 0,236DC^{0,5261}$	0,083	7,10%
	6	$DR = 1,475 - 0,5886 DC + 0,07646 DC^2$	0	38,40%
	7	$DR = 0,1507 + 0,5428 DC - 0,1685 DC^2 + 0,01503 DC^3$	0	44,00%
DR-DP	1	$DR = - 1,496 + 0,4038 DP$	0	29,20%
	2	$DR = - 3,614 + 2,546 \ln DP$	0	27,30%
	3	$DR = 0,1424 + 0,001270 e^{DP}$	0	66,40%
	4	$DR = 2,600 - 9,949 \frac{1}{DP}$	0,003	19,10%
	5	$DR = 0,00293DP^{3,070}$	0	66,70%
	6	$DR = 0,7703 - 0,8183 DP + 0,1377 DP^2$	0	54,90%
	7	$DR = - 0,0224 + 0,7785 DP - 0,3303 DP^2 + 0,03659 DP^3$	0	65,30%
Múltipla	8	$DR = - 1,81 + 0,140 DC + 0,324 DP$	0	34,50%

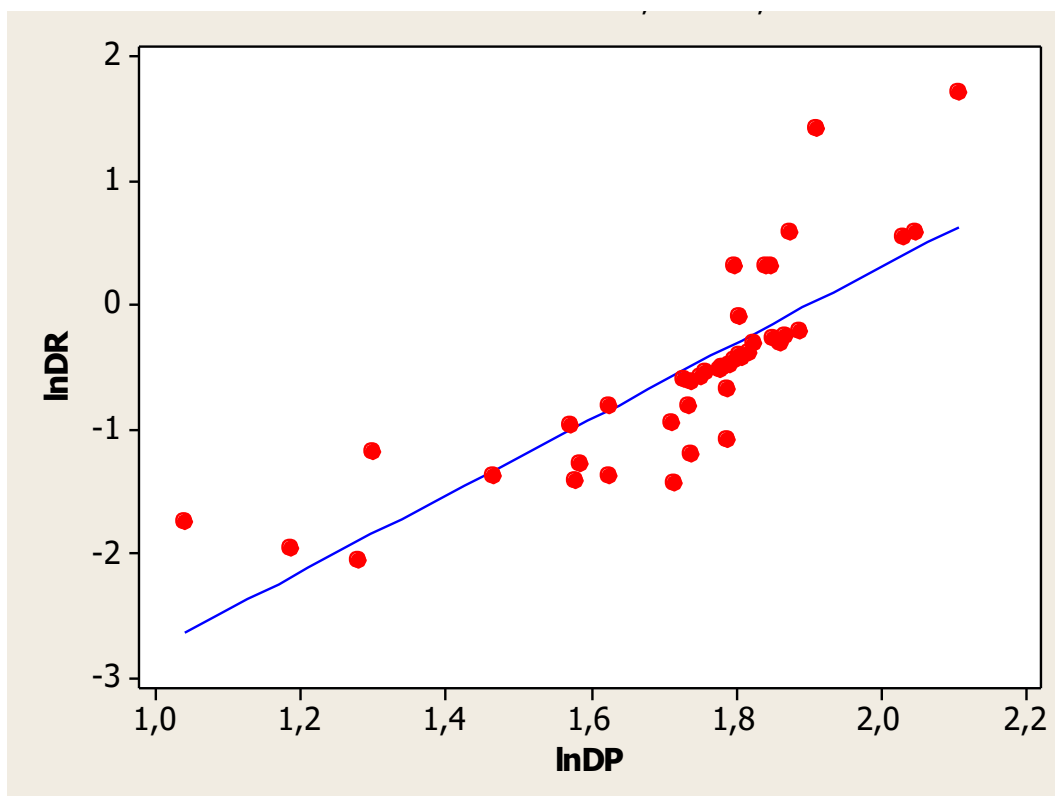
Fonte: Elaborada pela Autora

Observa-se na Tabela 8 que entre as relações DR-DC com DR como variável dependente que 3 dos 7 modelos apresentados (modelos 2, 4 e 5) não podem ser consideradas úteis para explicar a variabilidade, uma vez que, os valores de p mostram-se superiores ao nível de significância  $\alpha = 0,05$  e as mesmas apresentam

valores mais baixos para  $R^2$ . Dentre os que apresentaram valores inferiores, o que apresentou o melhor valor para  $R^2$ , foi o modelo 7, com  $R^2=44\%$ .

Ainda observando na Tabela 8 as relações entre DR-DP, como na etapa parcial de 40%, apresentaram os 7 modelos com  $p$  inferior ao nível de significância  $\alpha$ , sendo 6 deles com  $p=0$ . Desses, o modelo 5 foi o que apresentou os melhores resultados, com  $R^2=66,70\%$ . Na Figura 17 apresenta-se o gráfico do modelo linearizado da equação (lnDR versus lnDP) para melhor visualização do resultado.

Figura 17 – Gráfico: Modelo 5 – DR-DP (DR Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

O modelo 8 (equação múltipla) que relaciona os três indicadores, quando se tem DR dependente obteve valor  $p$  menor que  $\alpha$ , com  $p=0$ , e  $R^2$  com o maior dentre os valores apresentados nas equações múltiplas de DC e DP dependentes, agora com  $R^2=34,50\%$ . Demais gráficos referentes as equações da Tabela 8 em que DR é a variável dependente para a etapa de 60% estão apresentados nas Figuras B.13 a B.19 e B.26 a B.31 contidos no Apêndice B.

### 5.3.3.3. Etapa Parcial: 80%

Esta parte compreende a etapa de 80% do total das obras. A mesma apresentou valores em que a significância rejeitou  $H_0$  para todos os testes de correlação (Tabela 2), e agora serão apresentados os testes de regressão.

#### 5.3.2.3.1 DC como variável dependente

Na Tabela 9 apresenta-se os valores obtidos pelos testes de regressão realizados para todos os modelos entre as variáveis, nas relações em que DC é a variável dependente para a etapa parcial de 80%.

Tabela 9 – Etapa Parcial 80% - DC Dependente

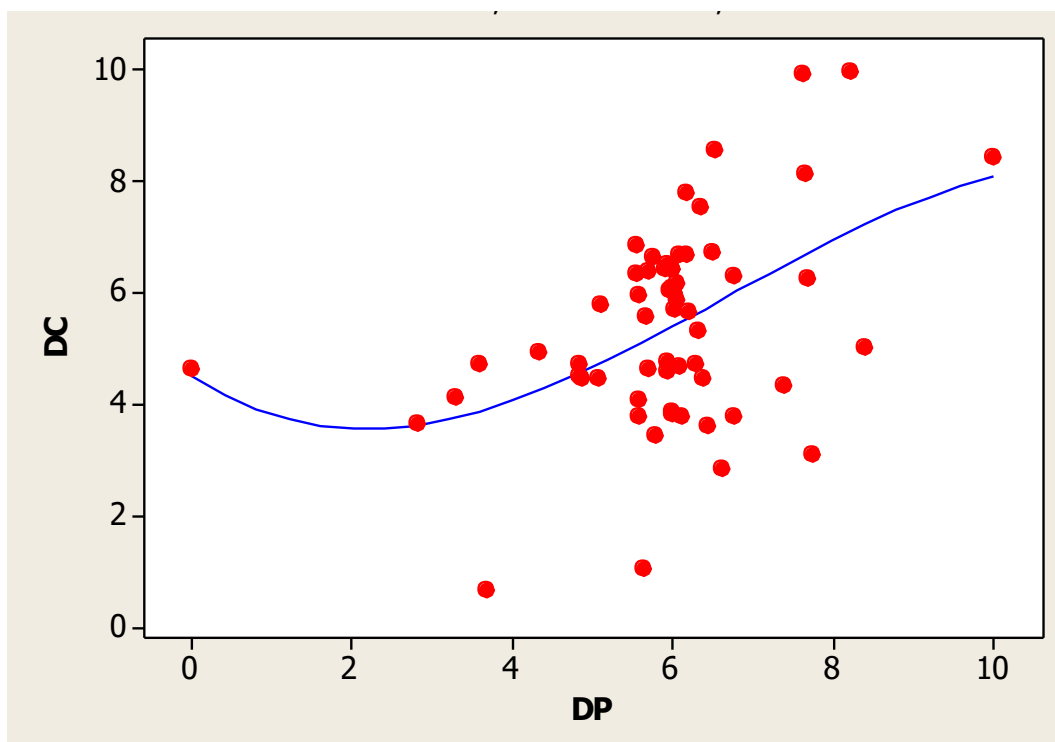
DC Dependente				
Relação	Modelo	Equação	p	R <sup>2</sup>
DC-DP	1	$DC = 2,324 + 0,5279 DP$	0,001	17,20%
	2	$DC = - 1,357 + 3,842 \ln DP$	0	20,20%
	3	$DC = 5,268 + 0,000187 e^{DP}$	0,017	9%
	4	$DC = 8,586 - 18,02 \frac{1}{DP}$	0,001	17,80%
	5	$DC = 1,124 DP^{0,8516}$	0,001	16,60%
	6	$DC = 3,884 - 0,1278 DP + 0,06291 DP^2$	0,001	20,00%
	7	$DC = 4,510 - 0,941 DP + 0,2605 DP^2 - 0,01304 DP^3$	0,003	21,10%
DC-DR	1	$DC = 4,985 + 0,4368 DR$	0,001	15,60%
	2	$DC = 5,727 + 0,8011 \ln DR$	0	19,60%
	3	$DC = 5,433 + 0,000043 e^{DR}$	0,599	0,50%
	4	$DC = 5,491 - 0,03121 \frac{1}{DR}$	0,349	1,50%
	5	$DC = 5,333 DR^{0,1443}$	0,011	10,60%
	6	$DC = 4,471 + 1,279 DR - 0,1057 DR^2$	0	24,50%
	7	$DC = 4,818 + 0,4696 DR + 0,1667 DR^2 - 0,01989 DR^3$	0	26,20%
Múltipla	8	$DC = 3,02 + 0,362 DP + 0,266 DR$	0,001	21%

Fonte: Elaborada pela Autora

Observa-se na Tabela 9 que entre as relações DC-DP com DC como variável dependente todas podem ser consideradas úteis para explicar a variabilidade, uma vez que, os valores de p mostram-se inferiores ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ , com R<sup>2</sup> variando entre 9% e 21,10%.

Dentre eles o modelo 7 apesar de apresentar o segundo valor mais alto de p (atrás apenas do modelo 3), apresentou o melhor valor de  $R^2$ , sendo  $R^2=21,10\%$ . A Figura 18 apresenta o gráfico desse modelo de equação para melhor visualização do resultado.

Figura 18 – Gráfico: Modelo 7 – DC-DP (DC Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

Quando se observa na Tabela 9 a relação entre DC-DR tem-se apenas 2 modelos com p maior que  $\alpha$  (modelos 3 e 4), em que os mesmos apresentaram os menores valores de  $R^2$ . O melhor resultado, como na relação DC-DP, também foi observado no modelo 7 com  $R^2=26,20\%$ . É importante destacar que o modelo 6 teve valor de  $R^2$  próximo ao melhor resultado que foi obtido pelo modelo 7, chegando a  $R^2=24,50\%$ .

O modelo 8 que relaciona os três indicadores, quando se tem DC dependente obteve valor p inferior a  $\alpha$ , com  $p=0,001$ , e  $R^2=21\%$ . Demais gráficos referentes a essa análise em que DC é a variável dependente para a etapa de 80% estão apresentados nas Figuras C.7 a C.12 e C.19 a C.25 contidos no Apêndice C.

### 5.3.2.3.2 DP como variável dependente

Na Tabela 10 apresenta-se os valores obtidos pelos testes de regressão realizados para todos os modelos entre as variáveis, nas relações em que DP é a variável dependente para a etapa parcial de 80%.

Tabela 10 – Etapa Parcial 80% - DP Dependente

DP Dependente				
Relação	Modelo	Equação	p	R <sup>2</sup>
DP-DC	1	$DP = 4,146 + 0,3253 DC$	0,001	17,20%
	2	Modelo+B21:B35	0,005	12,00%
	3	$DP = 5,759 + 0,000130 e^{DC}$	0,004	13,00%
	4	$DP = 6,328 - 1,822 \frac{1}{DC}$	0,042	6,60%
	5	$DP = 4,293DC^{0,1949}$	0,001	16,60%
	6	$DP = 5,416 - 0,1847 DC + 0,04613 DC^2$	0,001	20,10%
	7	$DP = 4,726 + 0,3676 DC - 0,0720 DC^2 + 0,00730 DC^3$	0,003	20,80%
DP-DR	1	$DP = 5,418 + 0,4714 DR$	0	29,40%
	2	$DP = 6,424 + 1,263 \ln DR$	0	77,80%
	3	$DP = 5,888 + 0,000084 e^{DR}$	0,182	2,90%
	4	$DP = 6,300 - 0,1377 \frac{1}{DR}$	0	47,20%
	5	$DP = 6,31DR^{0,1981}$	0	66,50%
	6	$DP = 4,852 + 1,399 DR - 0,1164 DR^2$	0	47,00%
	7	$DP = 4,362 + 2,539 DR - 0,5002 DR^2 + 0,02802 DR^3$	0	52,50%
Múltipla	8	$DP = 4,49 + 0,187 DC + 0,390 DR$	0	34,20%

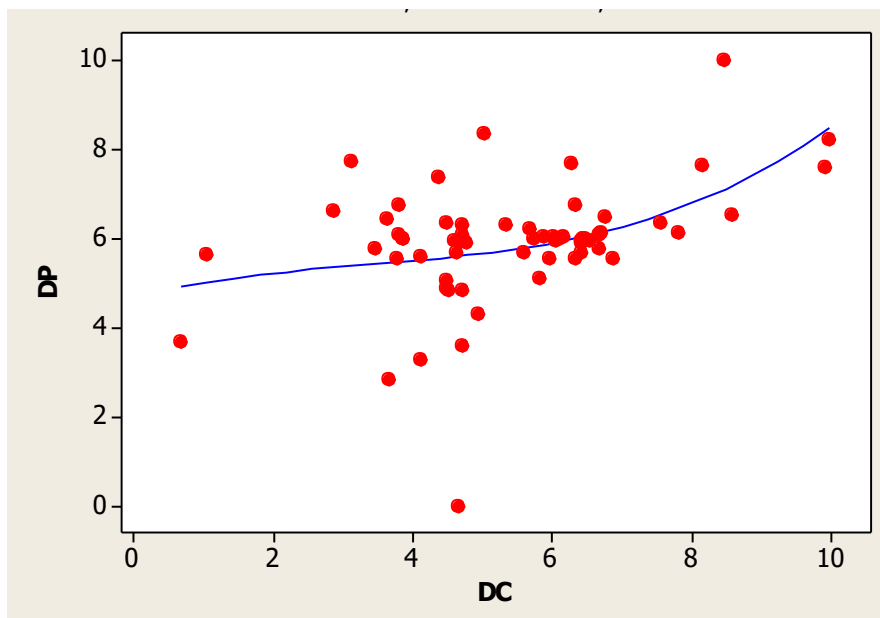
Fonte: Elaborada pela Autora

Observa-se na Tabela 10 que entre as relações DP-DC com DP como variável dependente que todas os 7 modelos apresentados podem ser considerados úteis para explicar a variabilidade, uma vez que, os valores de p mostram-se inferiores ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ . O melhor valor para R<sup>2</sup> mais uma vez foi apresentado pelo modelo 7 com R<sup>2</sup>=20,80%. A Figura 19 apresenta o gráfico desse modelo para melhor visualização do resultado.

Quando se observa na Tabela 10 a relação entre DP-DR, assim como em DP-DC, todos os resultados tem valores p inferiores a  $\alpha$ , e valores de R<sup>2</sup> mais altos do que quando comparado a DP-DC. Isso mostra que a relação DP-DR (DP Dependente) é mais forte do que quando comparado a DP-DC (DP Dependente). Entre os valores de

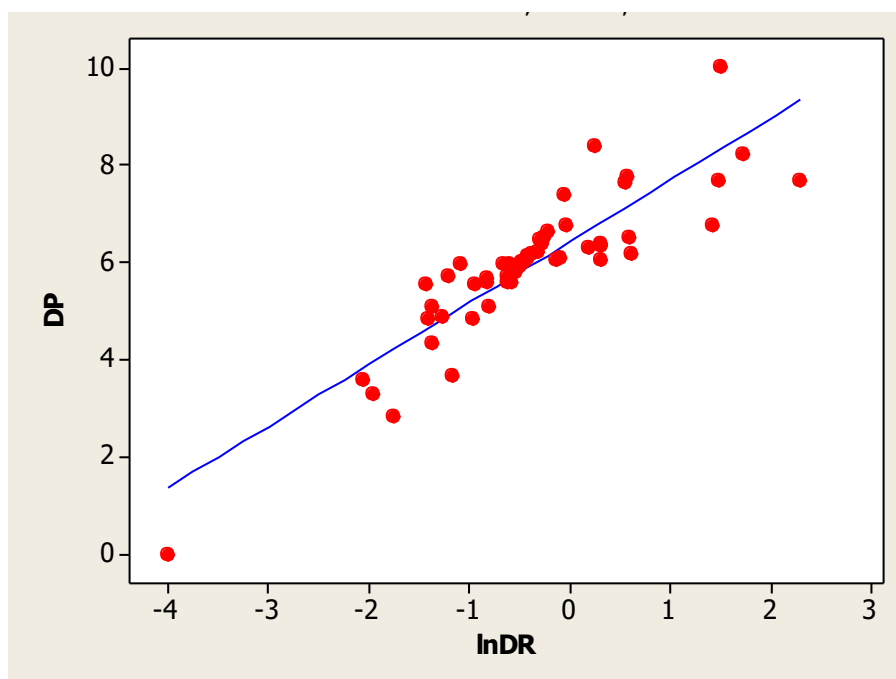
p que ficaram inferiores a  $\alpha$ , 6 modelos apresentaram  $p=0$ , dentre esses o que apresentou o maior valor para  $R^2$ , foi o modelo 2 com  $R^2=77,80\%$ . A Figura 20 apresenta o gráfico desse modelo para melhor visualização do resultado.

Figura 19 – Gráfico: Modelo 7 – DP-DC (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

Figura 20 – Gráfico: Modelo 2 – DP-DR (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

O modelo 8 (equação múltipla) que relaciona os três indicadores, quando se tem DP dependente obteve valor p menor que  $\alpha$ , com  $p=0$ , e  $R^2$  maior do que a equação múltipla que teve DC como variável dependente, agora com  $R^2=34,20\%$ . Demais gráficos referentes as equações apresentadas na Tabela 10 em que DP é a variável dependente para a etapa de 80% estão apresentados nas Figuras C.1 a C.6 e C.32 a C.37 contidos no Apêndice C.

### 5.3.2.3.3 DR como variável dependente

Na Tabela 11 apresenta-se os valores obtidos pelos testes de regressão realizados para todos os modelos entre as variáveis, nas relações em que DR é a variável dependente para a etapa parcial de 80%.

Tabela 11 – Etapa Parcial 80% - DR Dependente

DR Dependente				
Relação	Modelo	Equação	p	R <sup>2</sup>
DR-DC	1	$DR = - 0,8799 + 0,3560 DC$	0,001	15,60%
	2	$DR = - 0,6664 + 1,061 \ln DC$	0,022	8,20%
	3	$DR = 0,8588 + 0,000163 e^{DC}$	0,001	16%
	4	$DR = 1,343 - 1,261 \frac{1}{DC}$	0,226	2,40%
	5	$DR = 0,2DC^{0,7372}$	0,011	10,60%
	6	$DR = 1,188 - 0,4741 DC + 0,07509 DC^2$	0,001	21,50%
	7	$DR = 0,716 - 0,097 DC - 0,0056 DC^2 + 0,00498 DC^3$	0,002	21,70%
DR-DP	1	$DR = - 2,630 + 0,6235 DP$	0	29,40%
	2	$DR = - 6,114 + 4,052 \ln DP$	0	27,70%
	3	$DR = 0,8246 + 0,000244 e^{DP}$	0	18,90%
	4	$DR = 3,992 - 16,81 \frac{1}{DP}$	0	19,00%
	5	$DR = 0,00184DR^{3,358}$	0	66,50%
	6	$DR = 0,339 - 0,6240 DP + 0,1197 DP^2$	0	42,10%
	7	$DR = 0,559 - 0,9106 DP + 0,1893 DP^2 - 0,00459 DP^3$	0	42,20%
Múltipla	8	$DR = - 3,06 + 0,185 DC + 0,526 DP$	0	32,90%

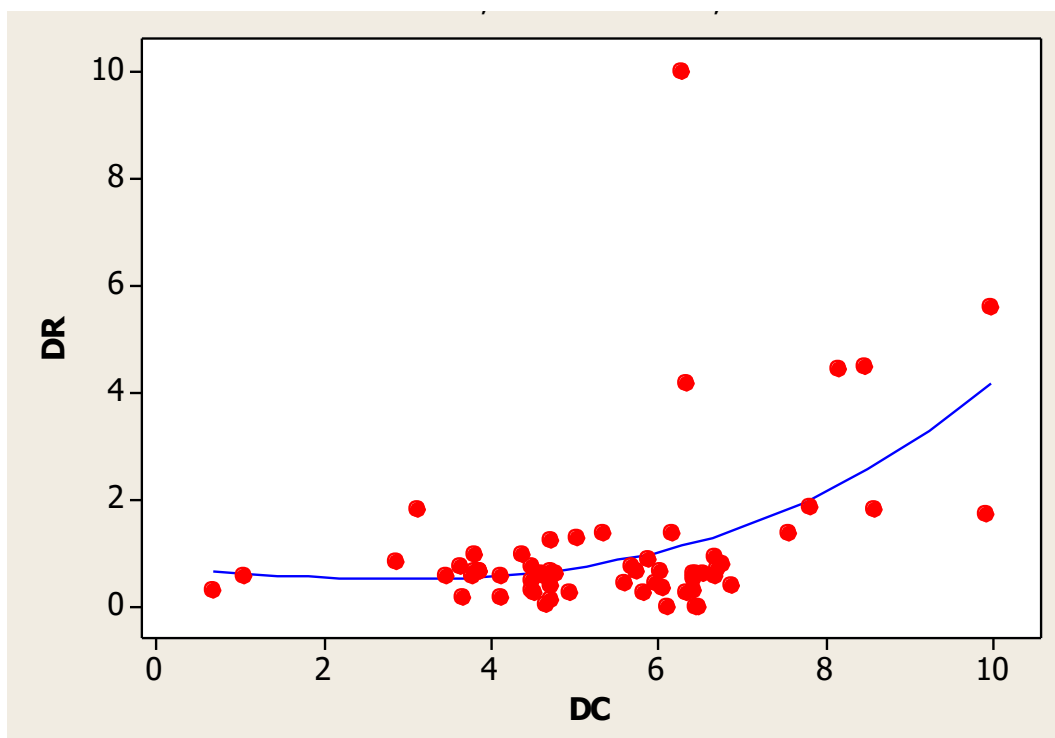
Fonte: Elaborada pela Autora

Observa-se na Tabela 11 que entre as relações DR-DC com DR como variável dependente que apenas 1 dos 7 modelos apresentados (modelo 4) não pode ser considerado útil para explicar a variabilidade, uma vez que, o valor de p mostra-se superior ao nível de significância  $\alpha = 0,05$  e o mesmo apresenta o valor mais baixo



para  $R^2$ . Com valor de  $R^2=21,70\%$  o modelo 7 mais uma vez foi o que apresentou o melhor resultado. A Figura 21 apresenta o gráfico desse modelo para melhor visualização do resultado. O modelo 6 teve valor  $R^2$  bem próximo ao que foi apresentado pelo modelo 7, com  $R^2=21,50\%$ .

Figura 21 – Gráfico: Modelo 7 - DR-DC (DR Dependente)

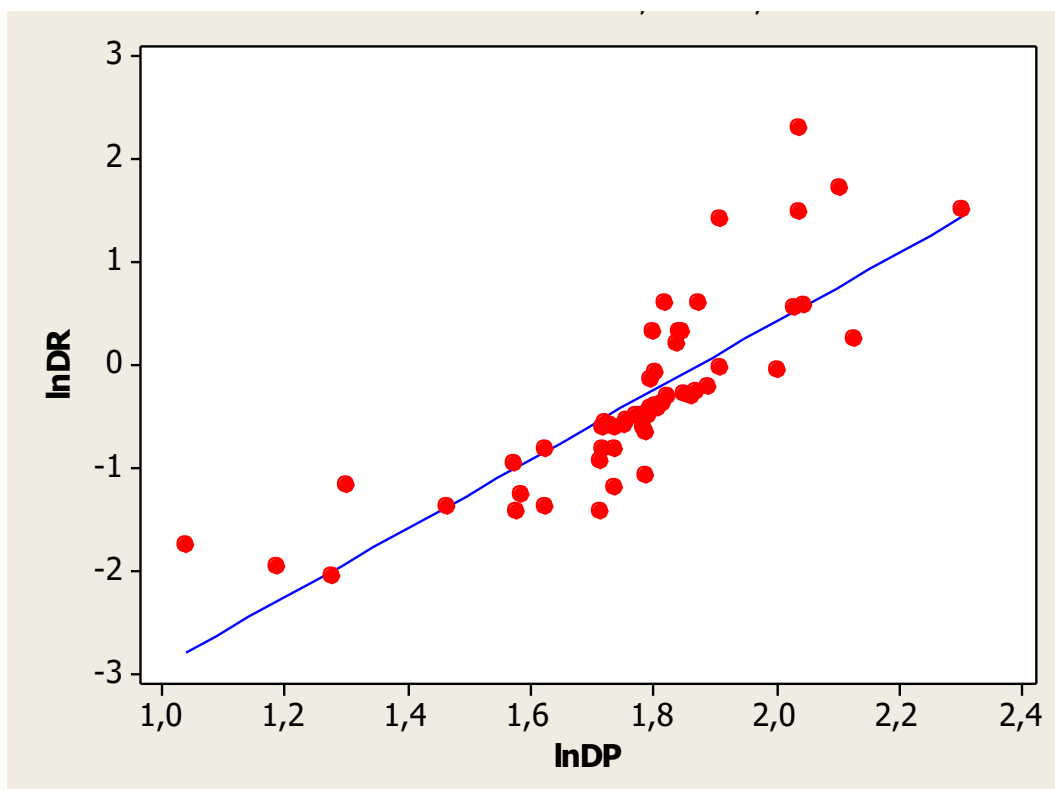


Fonte: Elaborada pela Autora

Ainda observando na Tabela 11 as relações entre DR-DP, como nas etapas parciais de 40% e 60%, apresentaram os 7 modelos com  $p$  inferior ao nível de significância  $\alpha$ , todos com  $p=0$ . Desses, o modelo 5 foi o que apresentou os melhores resultados, com  $R^2=66,50\%$ . A Figura 22 apresenta o gráfico do modelo linearizado da equação ( $\ln DR$  versus  $\ln DP$ ) para melhor visualização do resultado.

O modelo 8 que relaciona os três indicadores, quando se tem DR dependente obteve valor  $p$  menor que  $\alpha$ , com  $p=0$ , e  $R^2=32,90\%$ . Demais gráficos referentes a essa análise em que DR é a variável dependente para a etapa de 80% estão apresentados nas Figuras C.13 a C.18 e C.26 a C.31 contidos no Apêndice C.

Figura 22 – Gráfico: Modelo 5 – DR-DP (DR Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

#### 5.3.3.4. Etapa Parcial: 100%

Esta parte compreende a etapa de 100%, ou seja, o total das obras. A mesma apresentou um valor em que a significância não rejeitou  $H_0$  para os testes de correlação (Tabela 2), e agora serão apresentados os testes de regressão.

##### 5.3.2.4.1 DC como variável dependente

Na Tabela 12 apresenta-se os valores obtidos pelos testes de regressão realizados para todos os modelos entre as variáveis, nas relações em que DC é a variável dependente para a etapa parcial de 100%.

Quando se observa na Tabela 12 a relação entre DC-DP tem-se todos os valores inferiores ao nível de significância  $\alpha$ . Com os valores de p inferiores, destaca-se o modelo 7 que apresentou o melhor resultado para  $R^2$  igual a 12,90. A Figura 23

apresenta o gráfico desse modelo para melhor visualização do resultado. O modelo 6 teve valor de  $R^2$  bem próximo ao apresentado pelo modelo 7 com  $R^2=12,40\%$ .

Tabela 12 – Etapa Parcial 100% - DC Dependente

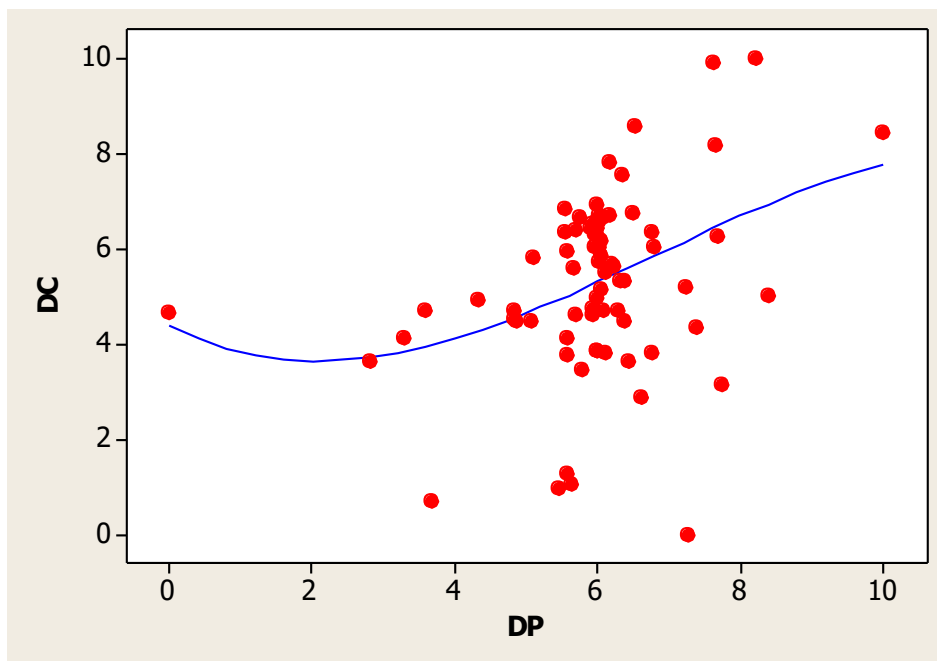
DC Dependente				
Relação	Modelo	Equação	p	$R^2$
DC-DP	1	$DC = 2,470 + 0,4838 DP$	0,003	10,70%
	2	$DC = - 0,940 + 3,536 \ln DP$	0,001	12,80%
	3	$DC = 5,200 + 0,000183 e^{DP}$	0,025	6%
	4	$DC = 8,240 - 16,78 \frac{1}{DP}$	0,002	11,40%
	5	$DC = 0,95571 DP^{0,9322}$	0,001	14,00%
	6	$DC = 3,882 - 0,1002 DP + 0,05578 DP^2$	0,006	12,40%
	7	$DC = 4,393 - 0,751 DP + 0,2128 DP^2 - 0,01036 DP^3$	0,014	12,90%
DC-DR	1	$DC = 5,093 + 0,2451 DR$	0,051	4,80%
	2	$DC = 5,430 + 0,5861 \ln DR$	0,01	9,20%
	3	$DC = 5,346 + 0,000047 e^{DR}$	0,574	0,40%
	4	$DC = 5,325 - 0,03042 \frac{1}{DR}$	0,435	0,90%
	5	$DC = 5,14487 DR^{0,1510}$	0,01	9,30%
	6	$DC = 4,939 + 0,5087 DR - 0,03490 DR^2$	0,107	5,70%
	7	$DC = 5,094 + 0,1243 DR + 0,0957 DR^2 - 0,00981 DR^3$	0,181	6,20%
Múltipla	8	$DC = 2,69 + 0,433 DP + 0,074 DR$	0,011	11%

Fonte: Elaborada pela Autora

Observa-se na Tabela 12 que entre as relações DC-DR com DC como variável dependente dos 7 modelos apresentados, 5 deles (modelos 1, 3, 4, 6 e 7) não podem ser consideradas úteis para explicar a variabilidade, uma vez que, os valores de p mostram-se superiores ao nível de significância  $\alpha = 0,05$  e os mesmos apresentam também os menores valores para  $R^2$ .

Dos dois modelos que apresentam os valores de  $\alpha$  abaixo do nível de significância o modelo 5 foi o que apresentou os melhores resultados, com  $R^2=9,30\%$ , seguido pelo modelo 2 com valor de  $R^2=9,20\%$ . Na Figura 24 apresenta-se o gráfico do modelo linearizado da equação ( $\ln DC$  versus  $\ln DR$ ). Demais gráficos referentes as equações apresentadas na Tabela 12 em que DC é a variável dependente para a etapa de 100% estão apresentados nas Figuras D.6 a D.11 e D.18 a D.23 contidos no Apêndice D.

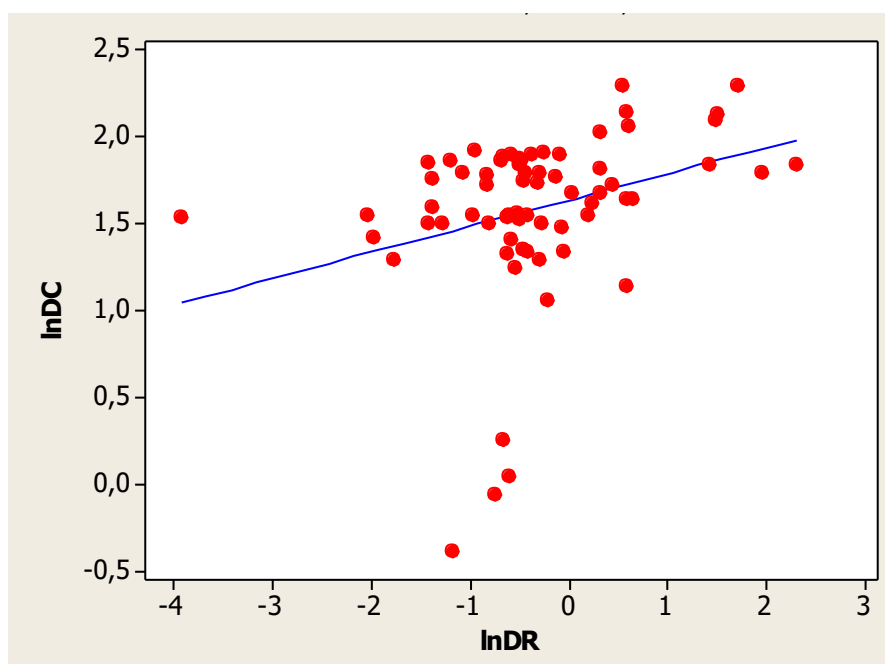
Figura 23 – Gráfico: Modelo 7 – DC-DP (DC Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

O modelo 8 que relaciona os três indicadores, quando se tem DC dependente obteve valor p menor que  $\alpha$ , com  $p=0,011$ , e  $R^2$  teve valor baixo, igual a 11%.

Figura 24 – Gráfico: Modelo 5 – DC-DR (DC Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

### 5.3.2.4.2 DP como variável dependente

Na Tabela 13 apresenta-se os valores obtidos pelos testes de regressão realizados para todos os modelos entre as variáveis, nas relações em que DP é a variável dependente para a etapa parcial de 100%.

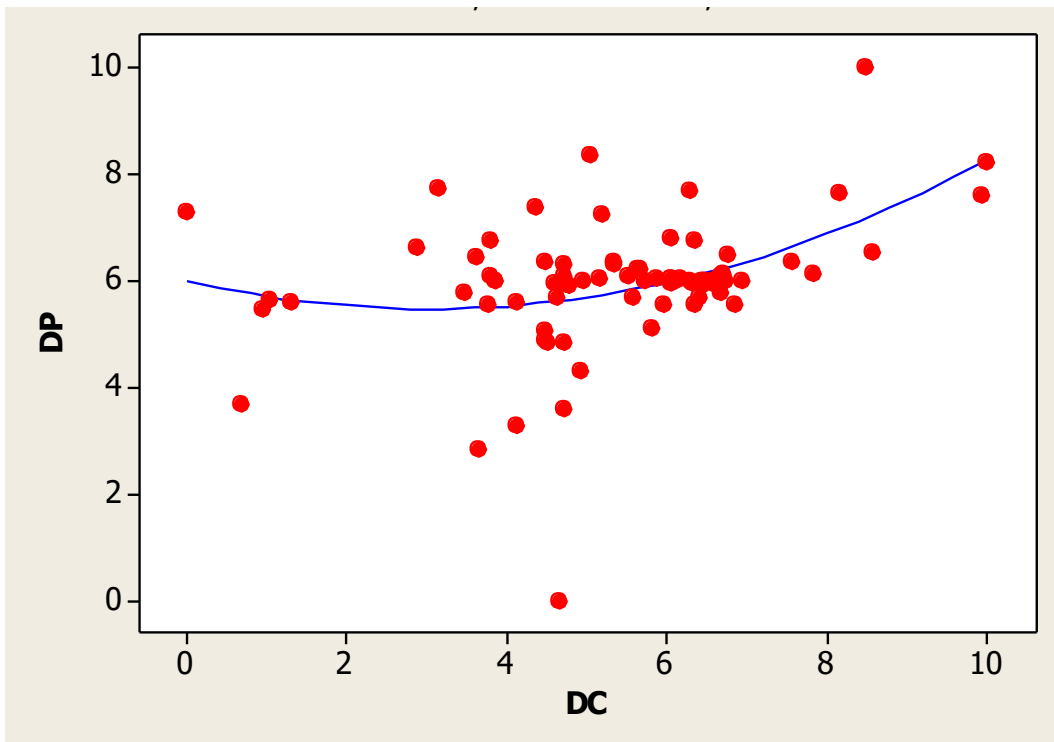
Tabela 13 – Etapa Parcial 100% - DP Dependente

DP Dependente				
Relação	Modelo	Equação	p	R <sup>2</sup>
DP-DC	1	$DP = 4,786 + 0,2219 DC$	0,003	10,70%
	2	$DP = 4,568 + 0,8619 \ln DC$	0,004	10,20%
	3	$DP = 5,846 + 0,000124 e^{DC}$	0,002	11,60%
	4	$DP = 6,305 - 1,485 \frac{1}{DC}$	0,027	6,20%
	5	$DP = 4,6553 DC^{0,1506}$	0,001	14,00%
	6	$DP = 6,005 - 0,3513 DC + 0,05784 DC^2$	0	18,10%
	7	$DP = 5,997 - 0,3421 DC + 0,0556 DC^2 + 0,000145 DC^3$	0,002	18,10%
DP-DR	1	$DP = 5,544 + 0,3950 DR$	0	27,20%
	2	$DP = 6,323 + 1,145 \ln DR$	0	73,50%
	3	$DP = 5,951 + 0,000084 e^{DR}$	0,142	2,80%
	4	$DP = 6,356 - 0,1559 \frac{1}{DR}$	0	48,70%
	5	$DP = 6,22143 DR^{0,1765}$	0	63,30%
	6	$DP = 5,146 + 1,076 DR - 0,09020 DR^2$	0	39,60%
	7	$DP = 4,889 + 1,712 DR - 0,3063 DR^2 + 0,01622 DR^3$	0	42,70%
Múltipla	8	$DP = 4,77 + 0,152 DC + 0,358 DR$	0	31,90%

Fonte: Elaborada pela Autora

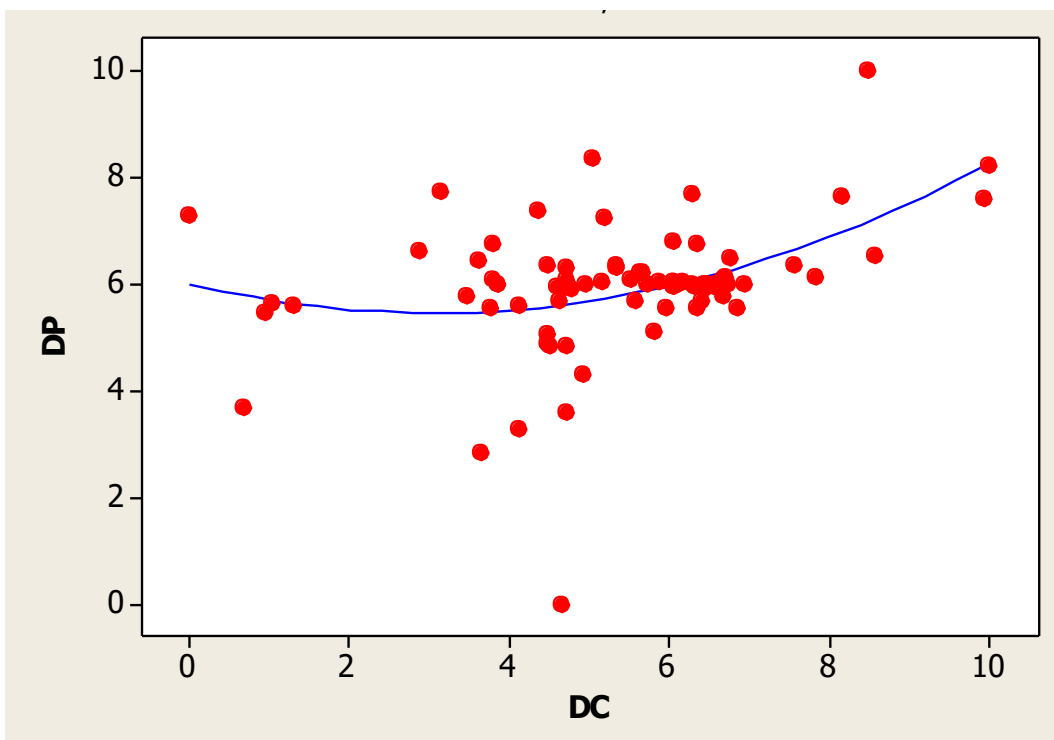
Observa-se na Tabela 13 que entre as relações DP-DC com DP como variável dependente dos 7 modelos apresentados, todos eles podem ser considerados úteis para explicar a variabilidade, uma vez que, os valores de p mostram-se inferiores ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ . Os modelos 7 e 6 se destacaram com os maiores valores de R<sup>2</sup>, igual a R<sup>2</sup>=18,10%. Os gráficos desses modelos podem ser observados nas Figura 25 e Figura 26, e é possível perceber que ambos têm comportamentos bem parecidos em relação a dispersão.

Figura 25 – Gráfico: Modelo 7 - DP-DC (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

Figura 26 – Gráfico: Modelo 6 – DP-DC (DP Dependente)

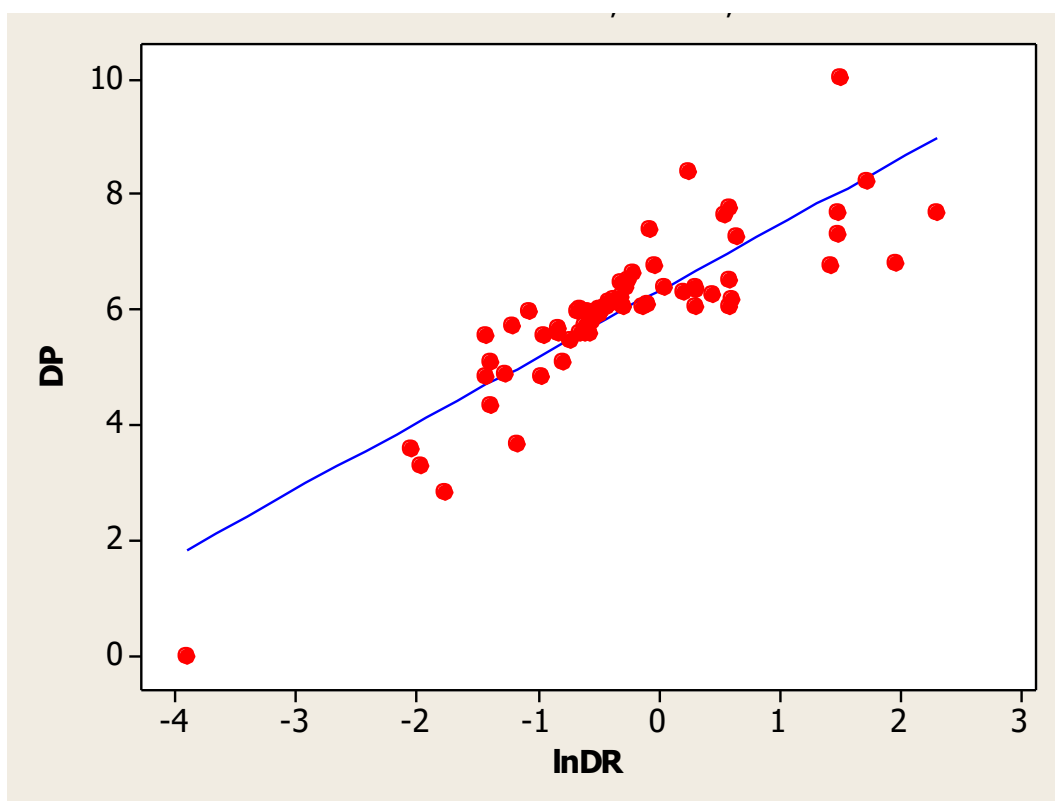


Fonte: Elaborada pela Autora

Quando se observa na Tabela 13 a relação entre DP-DR tem-se apenas o modelo 3 com  $p$  maior que  $\alpha$ , e valores de  $R^2$  bem mais altos do que as apresentadas da relação DP-DC. Isso mostra que a relação DP-DR (DP Dependente) é mais forte do que quando comparado a DP-DC (DP Dependente). Entre os valores de  $p$  que ficaram inferiores a  $\alpha$ , todos os 6 modelos apresentaram  $p=0$ , dentre esses a que apresentou o maior valor para  $R^2$ , foi o modelo 2 com  $R^2=73,50\%$ . O gráfico desse modelo pode ser observado na Figura 27.

O modelo 8 (equação múltipla) que relaciona os três indicadores, quando se tem DP dependente obteve valor  $p$  menor que  $\alpha$ , com  $p=0$ , e  $R^2$  maior do que a equação múltipla que teve DC como variável dependente, agora com  $R^2=31,90\%$ . Demais gráficos referentes a essa análise em que DP é a variável dependente para a etapa de 100% estão apresentados nas Figuras D.1 a D.5 e D.30 a D.35 contidos no Apêndice D.

Figura 27 – Gráfico: Modelo 2 – DP-DR (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

### 5.3.2.4.3 DR como variável dependente

Na Tabela 14 apresenta-se os valores obtidos pelos testes de regressão realizados para todos os modelos entre as variáveis, nas relações em que DR é a variável dependente para a etapa parcial de 100%.

Tabela 14 – Etapa Parcial 100% - DR Dependente

DR Dependente				
Relação	Modelo	Equação	p	R <sup>2</sup>
DR-DC	1	$DR = 0,0446 + 0,1956DC$	0,051	4,80%
	2	$DR = - 0,2539 + 0,8086 \ln DC$	0,04	5,40%
	3	$DR = 0,9290 + 0,000157 e^{DC}$	0,003	11%
	4	$DR = 1,305 - 1,087 \frac{1}{DC}$	0,215	2,00%
	5	$DR = 0,27063DC^{0,6133}$	0,01	9,30%
	6	$DR = 2,001 - 0,7246 DC + 0,09285 DC^2$	0,001	15,60%
	7	$DR = 2,199 - 0,9422 DC + 0,1449 DC^2 - 0,00342 DC^3$	0,004	15,80%
DR-DP	1	$DR = - 3,014 + 0,6873 DP$	0	27,20%
	2	$DR = - 6,894 + 4,484 \ln DP$	0	25,90%
	3	$DR = 0,8701 + 0,000254 e^{DP}$	0	15,10%
	4	$DR = 4,300 - 18,66 \frac{1}{DP}$	0	17,80%
	5	$DR = 0,0013DP^{3,584}$	0	63,30%
	6	$DR = 0,278 - 0,6735 DP + 0,1300 DP^2$	0	38,40%
	7	$DR = 0,725 - 1,243 DP + 0,2674 DP^2 - 0,00907 DP^3$	0	38,90%
Múltipla	8	$DR = - 3,13 + 0,0483 DC + 0,664 DP$	0	27,40%

Fonte: Elaborada pela Autora

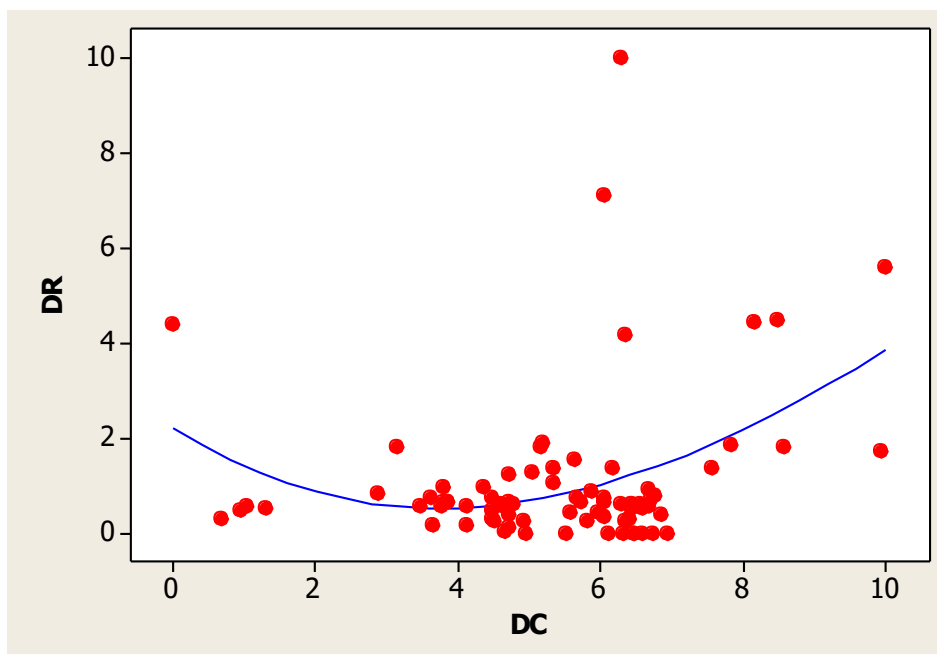
Observa-se na Tabela 14 que entre as relações DR-DC com DR como variável dependente dos 7 modelos apresentados 2 (modelos 1 e 4) não podem ser considerados úteis para explicar a variabilidade, uma vez que, os valores de p mostram-se superiores ao nível de significância  $\alpha = 0,05$  e os mesmos apresentam os valores muito baixos para R<sup>2</sup>. Dentre os que apresentaram  $\alpha$  inferior ao nível de significância o melhor resultado foi do modelo 7 com R<sup>2</sup>=15,80%. O gráfico desse modelo pode ser observado na Figura 28.

Ainda observando na Tabela 14 a relação entre DR-DP apresentou todos os 7 modelos com p inferior ao nível de significância  $\alpha$ , com p=0. O modelo 5 foi o que apresentou os melhores resultados, com p=0 e R<sup>2</sup>=63,30%, conforme gráfico do



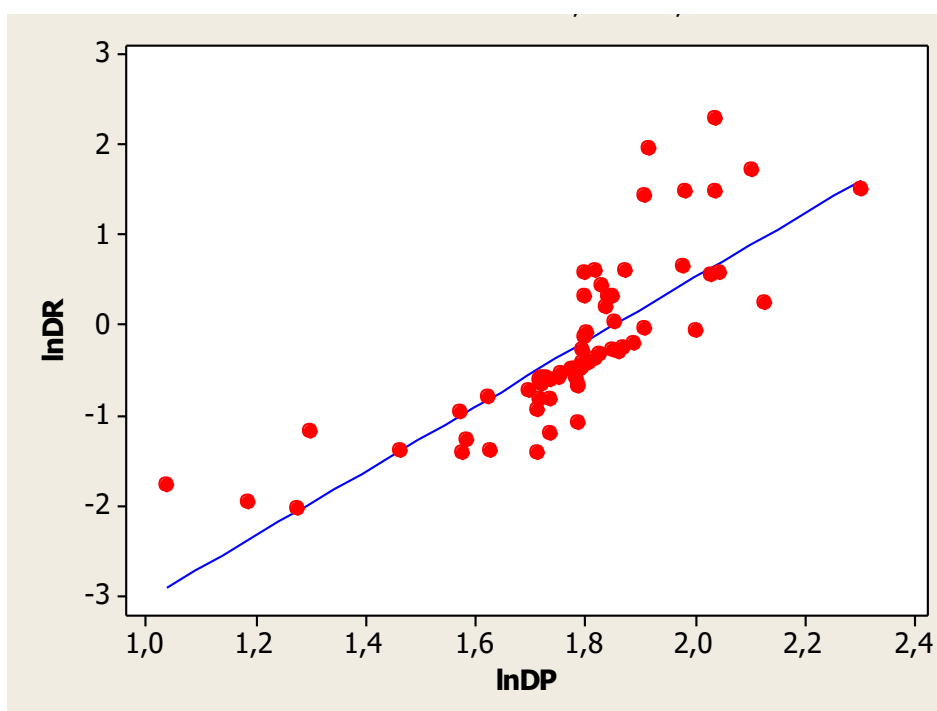
modelo linearizado da equação (lnDR versus lnDP) da Figura 29. Todos os demais gráficos de regressão elaborados nessa pesquisa serão apresentados no apêndice.

Figura 28 – Gráfico: Modelo 7 – DR-DC (DR Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

Figura 29 – Gráfico: Modelo 5 – DR-DP (DR Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

O modelo 8 que relaciona os três indicadores, quando se tem DR dependente obteve valor  $p$  menor que  $\alpha$ , com  $p=0$ , e  $R^2$  entre os dois valores apresentados nas equações múltiplas de DC e DP dependentes, agora com  $R^2=27,40\%$ . Demais gráficos referentes as equações apresentadas na Tabela 14 em que DR é a variável dependente para a etapa de 100% estão apresentados nas Figuras D.12 a D.17 e D.24 a D.29 contidos no Apêndice D.

#### **5.4. Comparativo**

Nesta etapa será apresentado o comparativo entre os resultados obtidos nesse estudo e por outros autores para as análises descritiva, de correlação e regressão.

##### *5.4.1. Comparativo entre análises descritivas*

Os resultados alcançados nessa pesquisa entre as etapas parciais são novamente apresentados na Tabela 15. Conforme resultados apresentados para DP e DR, os melhores desvios médios foram obtidos na etapa correspondente ao total do empreendimento (100%). Para ambos os indicadores, os valores ficaram maiores à medida que a obra avançava, ou seja, seguido pelas etapas de 80%, 60% e 40%. Já para o DC o maior valor foi obtido na etapa de 80%, seguido pelas etapas de 60% (que apresentou um valor muito próximo), 100% e 40%, correspondente ao menor valor.

Esse tipo de análise também foi realizado por Pereira (2018) para as 6 obras no período de 12 meses (totalizando 72 amostras), e com a finalidade de comparar esses resultados, elaborou-se a Tabela 15.

Observando a Tabela 15, é possível perceber que Pereira (2018) apresentou melhores resultados médios dos indicadores transformados do que os resultados obtidos nessa pesquisa em todas as etapas parciais para todos os indicadores (DC, DP e DR). Isso pode ser explicado porque após os 12 meses analisados por Pereira (2018), algumas obras sofreram mudanças de escopo durante sua execução.

Tabela 15 – Análise Descritiva: Comparativo entre autores

Análise Estatística Descritiva							
	Variável	Tamanho da amostra	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Mediana	Máximo
Autora 40%	DC	30	5,25	1,57	0,68	5,75	6,87
	DP	30	5,43	1,44	0,00	5,96	7,74
	DR	30	0,67	0,77	0,00	0,53	4,17
Autora 60%	DC	46	5,44	1,83	0,68	5,64	10,00
	DP	46	5,65	1,34	0,00	5,98	8,22
	DR	46	0,79	1,00	0,00	0,57	5,59
Autora 80%	DC	63	5,45	1,75	0,68	5,59	10,00
	DP	63	5,92	1,37	0,00	6,01	10,00
	DR	63	1,06	1,58	0,00	0,61	10,00
Autora 100%	DC	80	5,36	1,83	0,00	5,61	10,00
	DP	80	5,98	1,24	0,00	6,01	10,00
	DR	80	1,09	1,64	0,00	0,61	10,00
Pereira (2018)	DC	72	5,49	1,90	5,60	5,61	10,00
	DP	72	7,06	1,41	7,17	6,01	10,00
	DR	72	8,41	1,74	8,90	0,61	10,00

Fonte: Elaborada pela Autora

#### 5.4.2. Comparativo entre análises de correlação

Com o objetivo de comparar os resultados obtidos nessa pesquisa entre as etapas parciais elaborou-se a Tabela 2, e conforme resultados apresentados, as etapas de 40% e 100% não rejeitaram  $H_0$  para a relação entre DC-DR e a de 40%, também, para a relação entre DC-DP. Já as relações nas etapas de 60% e 80% rejeitaram  $H_0$  para todas as relações. Também é possível observar que, em todas as correlações significativas (para as quais obteve-se  $p$  inferior a alfa) os valores do coeficiente de Pearson foram positivos, indicando uma relação direta entre os indicadores analisados. Conforme Pereira (2018) isto significa que as correlações positivas encontradas entre os indicadores indicam que um avanço físico real inferior ao previsto tende a gerar um atraso da obra e, conseqüentemente, um aumento do custo. Além disso, em todas as etapas parciais, verificou-se uma correlação maior entre DP e DR, como já havia sido constatado anteriormente por Pereira (2018), isso era esperado uma vez que a mesma acreditava existir uma relação maior entre o prazo e o avanço físico da obra.

A fim de comparar os resultados obtidos nesse trabalho com o de outros autores para o teste de correlação, são apresentados os resultados obtidos por Pereira (2018), Mergh (2019) e o resultado desse estudo correspondente à análise da obra completa (etapa 100%), na Tabela 16.

Tabela 16 – Análise de Correlação: Comparativo entre Autores

Teste	Pereira (2018)		Mergh (2019)		Autora (Etapa 100%)	
	r	p	r	p	r	p
<b>DC-DP</b>	0,324	0,005	0,546	0	0,328	0,003
<b>DC-DR</b>	0,351	0,003	0,506	0,001	0,219	0,051
<b>DP-DR</b>	0,540	0	0,755	0	0,521	0

Fonte: Elaborada pela Autora

Observando a Tabela 16, percebe-se que Pereira (2018) e Mergh (2019) encontraram os maiores valores na relação DP-DR, assim como nesse estudo. Ao comparar os valores para essa relação, observa-se que os valores obtidos para r por Pereira (2018) e o encontrado neste trabalho foram próximos, já Mergh (2019) obteve o valor mais alto. E o valor de p para a mesma relação foi igual a 0 para os três autores. Ainda observando a Tabela 16, o segundo valor mais alto para Pereira (2018) foi entre a relação DC-DR ( $r=0,351$  e  $p=0,003$ ), já para Mergh (2019) e o resultado desse estudo, o segundo valor mais alto foi obtido para a relação DC-DP, com valores de  $r=0,546$  e  $p=0$  para Mergh (2019) e  $r=0,328$  e  $p=0,003$ , neste estudo. O menor resultado encontrado por Pereira (2018) foi para a relação DC-DP, com valores de  $r=0,324$  e  $p=0,005$  já para Mergh e o desse estudo o menor valor foi obtido na relação DC-DR com valores de  $r=0,506$  para Mergh (2019) e  $r=0,219$  neste estudo. O valor de p obtido por Mergh foi  $p=0,001$  e nesse estudo  $p=0,051$  ficando bem próximo do valor referência  $\alpha=0,05$ .

É importante ressaltar que no estudo de Mergh (2019) foram utilizadas obras de edificações corporativas de alto padrão e acompanhadas por todo período de execução. Enquanto as amostras utilizadas por Pereira (2018) foram de obras de terraplenagem e pavimentação acompanhadas por um período dos 12 meses iniciais, assim como nesse estudo, diferenciando apenas o período, que, para esta comparação foi considerada a duração completa da obra (100%).

### 5.4.3. Comparativo entre análises de regressão

Com o objetivo de comparar os resultados alcançados nessa pesquisa entre as etapas parciais, as relações entre os indicadores e as equações foram obtidas as Tabelas 17, 18 e 19, em que na Tabela 17 apresenta-se, dentre todos os modelos cujos valores de p mostraram-se inferiores a alfa (com exceção à relação DC-DR/DR-DC para a etapa de 40%), aqueles com os maiores valores para o coeficiente de determinação  $R^2$ , para a relação DC-DP (DC Dependente) e DP-DC (DP Dependente), na Tabela 18 para a relação DC-DR (DC Dependente) e DR-DC (DR Dependente) e na Tabela 19 para a relação DP-DR (DP Dependente) e DR-DP (DR Dependente).

Tabela 17 – Análise de Regressão: Comparativo DC-DP/DP-DC

<b>Análise de Regressão - Comparativo</b>			
<b>Etapas</b>	<b>Relação</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>40%</b>	DC-DP	Modelo 7	35,20%
	DP-DC	Modelo 5	15,20%
<b>60%</b>	DC-DP	Modelo 7	24,70%
	DP-DC	Modelo 7	21,90%
<b>80%</b>	DC-DP	Modelo 7	21,10%
	DP-DC	Modelo 7	20,80%
<b>100%</b>	DC-DP	Modelo 5	14,00%
	DP-DC	Modelo 6	18,10%
		Modelo 7	

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela 18 – Análise de Regressão: Comparativo DC-DR/DR-DC

<b>Análise de Regressão - Comparativo</b>			
<b>Etapas</b>	<b>Relação</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>40%</b>	DC-DR	Modelo 7	7,30%
	DR-DC	Modelo 7	2,90%
<b>60%</b>	DC-DR	Modelo 7	19,10%
	DR-DC	Modelo 7	44,00%
<b>80%</b>	DC-DR	Modelo 7	26,60%
	DR-DC	Modelo 7	21,70%
<b>100%</b>	DC-DR	Modelo 5	9,30%
	DR-DC	Modelo 7	15,80%

Fonte: Elaborada pela Autora

Tabela 19 – Análise de Regressão: Comparativo DP-DR/DR-DP

<b>Análise de Regressão - Comparativo</b>			
<b>Etapa</b>	<b>Relação</b>	<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>40%</b>	DP-DR	Modelo 2	79%
	DR-DP	Modelo 5	57,80%
<b>60%</b>	DP-DR	Modelo 2	82,20%
	DR-DP	Modelo 5	66,70%
<b>80%</b>	DP-DR	Modelo 2	77,80%
	DR-DP	Modelo 5	66,50%
<b>100%</b>	DP-DR	Modelo 2	73,50%
	DR-DP	Modelo 5	63,30%

Fonte: Elaborada pela Autora

Verificando primeiramente as análises de regressão considerando as etapas parciais para a relação DC-DP (DC Dependente) na Tabela 17, é possível observar que à medida que a obra avança o valor de R<sup>2</sup> diminui e que a melhor equação para explicar a relação entre as variáveis, foi a equação obtida por meio do modelo 7, para 3 (40%, 60% e 80%) das 4 etapas. Já analisando a relação entre DP-DC (DP Dependente), verifica-se que a melhor equação para explicar a relação entre as variáveis foi a equação obtida pelo modelo 7 para 3 (60%, 80% e 100%) das 4 etapas. A etapa de 100% apresentou o mesmo valor de R<sup>2</sup> para o modelo 6, diferenciando apenas pelo valor de p, em que o modelo 6 apresentou p=0 e o modelo 7 apresentou p=0,002.

Em relação a Tabela 18, verificando primeiramente as análises de regressão considerando as etapas parciais para a relação DC-DR (DC Dependente) e DR-DC (DR Dependente) observa-se que a melhor equação para explicar a relação entre as variáveis foi obtida por meio do modelo 7, com exceção a etapa de 100% para a relação DC-DR (DC Dependente) que apresentou melhor resultado por meio do modelo 5.

Observando a Tabela 19 e verificando primeiramente as análises de regressão considerando as etapas parciais para a relação DP-DR (DP Dependente) é possível observar que a melhor equação para explicar essa relação entre as variáveis, foi a equação obtida por meio do modelo 2 para todas as etapas. Já para a relação entre DR-DP (DR Dependente) a melhor equação para explicar a relação entre as variáveis foi a equação obtida por meio do modelo 5 para todas as etapas.

Observando as três tabelas (Tabelas 17, 18 e 19) e comparando as relações entre as variáveis nota-se que em todas as etapas as relações entre DP-DR e DR-DP apresentaram os maiores valores de  $R^2$ , sendo possível concluir que a relação entre essas variáveis é mais forte do que quando comparado as relações entre DC-DP, DP-DC, DC-DR e DR-DC.

Pereira (2018) testou 2 modelos de regressão que foram utilizados nessa pesquisa para DC, DP e DR em 6 obras, das quais 4 foram analisadas nesse estudo. Os modelos em comum foram os modelos 1 e 8, e com a finalidade de refinar os resultados obtidos por Pereira (2018) serão comparados nas Tabelas 20 e 21 os resultados obtidos nesse estudo para cada etapa por meio dos modelos 1 e 8, respectivamente, e os resultados obtidos por Pereira (2018) utilizando os mesmos modelos.

Verificando na Tabela 20 primeiramente as análises de regressão para as relações DC-DP e DP-DC, o valor de  $R^2$  obtido por Pereira (2018) foi igual a 10,50%. Esse valor foi menor do que o obtido nesse estudo para todas as etapas analisadas, mas ficando bem próximo as etapas de 40% e 100% com valores de 10,80% e 10,70% respectivamente. Os maiores valores foram alcançados nas etapas de 60% e 80% com valores de  $R^2=17,40\%$  e  $R^2=17,20\%$ . É importante destacar que a etapa de 40% apesar de apresentar  $R^2$  mais alto que o obtido por Pereira (2018), apresentou valor de  $p$  maior que  $\alpha$ , ou seja os valores usados para construir essa relação podem não ser estatisticamente significantes.

Analisando a relação entre DC-DR e DR-DC (Tabela 20) observa-se que o valor obtido por Pereira (2018) para  $R^2=12,30$  foi menor do que os obtidos nas etapas de 60% e 80% com valores de  $R^2$  iguais a 19% e 15,60%, e maior do que os obtidos nas etapas de 40% e 100%, com valores de  $R^2$  iguais a 1,60% e 4,80%. Como para a relação entre as variáveis de DC e DP, a relação DC-DR e DR-DC na etapa de 40% também apresentou valor de  $p$  maior que  $\alpha$ , junto com a etapa de 100%.

Tabela 20 – Análise de Regressão: Comparativo (1) Modelo 1

Comparativo - Modelo 1				
	Relação	Equação	p	R <sup>2</sup>
Pereira (2018)	DC-DP	DC = 2,42 + 0,435 DP	0,005	10,50%
	DP-DC	DP = 5,73 + 0,241 DC	0,005	10,50%
	DC-DR	DC = 4,88 + 0,382 DR	0,003	12,30%
	DR-DC	DR = - 0,180 + 0,322 DC	0,003	12,30%
	DP-DR	DP = 6,36 + 0,438 DR	0	29,20%
	DR-DP	DR = - 3,11 + 0,666 DP	0	29,20%
Autora 40%	DC-DP	DC = 3,310 + 0,3570 DP	0,076	10,80%
	DP-DC	DP = 3,840 + 0,3036 DC	0,076	10,80%
	DC-DR	DC = 5,079 + 0,2556 DR	0,505	1,60%
	DR-DC	DR = 0,3414 + 0,06265 DC	0,505	1,60%
	DP-DR	DP = 4,842 + 0,8820 DR	0,008	22,40%
	DR-DP	DR = - 0,7111 + 0,2542 DP	0,008	22,40%
Autora 60%	DC-DP	DC = 2,230 + 0,5682 DP	0,004	17,40%
	DP-DC	DP = 3,981 + 0,3064 DC	0,004	17,40%
	DC-DR	DC = 4,816 + 0,7938 DR	0,002	19,00%
	DR-DC	DR = - 0,5170 + 0,2394 DC	0,002	19,00%
	DP-DR	DP = 5,081 + 0,7221 DR	0	29,20%
	DR-DP	DR = - 1,496 + 0,4038 DP	0	29,20%
Autora 80%	DC-DP	DC = 2,324 + 0,5279 DP	0,001	17,20%
	DP-DC	DP = 4,146 + 0,3253 DC	0,001	17,20%
	DC-DR	DC = 4,985 + 0,4368 DR	0,001	15,60%
	DR-DC	DR = - 0,8799 + 0,3560 DC	0,001	15,60%
	DP-DR	DP = 5,418 + 0,4714 DR	0	29,40%
	DR-DP	DR = - 2,630 + 0,6235 DP	0	29,40%
Autora 100%	DC-DP	DC = 2,470 + 0,4838 DP	0,003	10,70%
	DP-DC	DP = 4,786 + 0,2219 DC	0,003	10,70%
	DC-DR	DC = 5,093 + 0,2451DR	0,051	4,80%
	DR-DC	DR = 0,0446 + 0,1956DC	0,051	4,80%
	DP-DR	DP = 5,544 + 0,3950 DR	0	27,20%
	DR-DP	DR = - 3,014 + 0,6873 DP	0	27,20%

Fonte: Elaborada pela Autora

Para a relação DP-DR e DR-DP observadas na Tabela 20, Pereira (2018) obteve valor de R<sup>2</sup> igual a 29,20%, exatamente igual ao valor obtido nesse estudo para a etapa de 60% e ficando abaixo apenas da etapa de 80%, com R<sup>2</sup>=29,40%. As etapas de 40% e 100% apresentaram valores menores do que os encontrados por Pereira (2018), com R<sup>2</sup> iguais a 22,40% e 27,20%. É importante destacar que as etapas de 60%, 80% e 100% apresentaram valor de p=0, e a etapa de 40% apresentou p=0,008.



Considerando a comparação entre as relações (Tabela 20), a que apresentou o maior valor de  $R^2$  nos resultados de Pereira (2018) foi DP-DR/DR-DP, seguida pela relação DC-DR/DR-DC e a mais fraca delas foi a DC-DP/DP-DC. Isso manteve da mesma forma nesse estudo para a etapa de 60%. As etapas de 40%, 80% e 100% apresentaram o maior valor de  $R^2$  para DP-DR/DR-DP, se diferenciando apenas nas outras duas relações uma vez que o segundo maior valor de  $R^2$  foi obtido na relação DC-DP/DP-DC e por último DC-DR/DR-DC.

O outro modelo testado por Pereira (2018) comum a esse estudo foi o modelo 8. Na Tabela 21 apresenta-se os resultados obtidos por Pereira (2018) e os que foram obtidos nesse estudo para comparação.

Tabela 21 – Análise de Regressão: Comparativo (2) Modelo 8

Comparativo - Modelo 8				
	Variável Dependente	Equação	p	R <sup>2</sup>
Pereira (2018)	DC	$DC = 3,26 + 0,255 DP + 0,270 DR$	0,004	14,90%
	DP	$DP = 5,81 + 0,114 DC + 0,394 DR$	0	31,20%
	DR	$DR = -3,55 + 0,588 DP + 0,181 DC$	0	32,60%
Autora 40%	DC	$DC = 3,26 + 0,376 DP - 0,076 DR$	0,209	11%
	DP	$DP = 3,56 + 0,252 DC + 0,817 DR$	0,008	29,80%
	DR	$DR = -0,657 - 0,0163 DC + 0,260 DP$	0,032	22,50%
Autora 60%	DC	$DC = 3,04 + 0,350 DP + 0,541 DR$	0,003	23,70%
	DP	$DP = 4,29 + 0,165 DC + 0,591 DR$	0	33,20%
	DR	$DR = -1,81 + 0,140 DC + 0,324 DP$	0	34,50%
Autora 80%	DC	$DC = 3,02 + 0,362 DP + 0,266 DR$	0,001	21,30%
	DP	$DP = 4,49 + 0,187 DC + 0,390 DR$	0	34,20%
	DR	$DR = -3,06 + 0,185 DC + 0,526 DP$	0	32,90%
Autora 100%	DC	$DC = 2,69 + 0,433 DP + 0,074 DR$	0,011	11,10%
	DP	$DP = 4,77 + 0,152 DC + 0,358 DR$	0	31,90%
	DR	$DR = -3,13 + 0,0483 DC + 0,664 DP$	0	27,40%

Fonte: Elaborada pela Autora

Observando a Tabela 21 primeiramente para as análises de regressão em que DC é a variável dependente, o valor de  $R^2$  obtido por Pereira (2018) foi igual a 14,90%. Esse valor ficou abaixo das etapas de 60% e 80% ( $R^2=23,70\%$  e  $R^2=21,30\%$ ) e acima das etapas de 40% e 100%, com valores de  $R^2$  bem próximos, iguais a 11% e 11,10%. Já

para as análises em que DP é a variável dependente, Pereira (2018) obteve o valor 31,20%, e a única etapa que apresentou valor menor foi a etapa de 40%, com  $R^2=29,80\%$ . As etapas de 60% ( $R^2=33,20$ ), 80% ( $R^2=34,20\%$ ) e 100% ( $R^2=31,90\%$ ) apresentaram valores de  $R^2$  maiores do que o encontrado por Pereira (2018).

Verificando os valores de DR como variável dependente, Pereira (2018) obteve  $R^2=32,60\%$ , esse resultado é superior aos valores de  $R^2$  encontrados nas etapas de 40% ( $R^2=22,50$ ) e 100% ( $R^2=27,40$ ) e inferior aos valores das etapas de 60% ( $R^2=34,50$ ) e 80% ( $R^2=32,90$ ).

Considerando a comparação entre as variáveis dependentes (Tabela 21), a que apresentou o maior valor de  $R^2$  nos resultados de Pereira (2018) foi DR, seguida por DP e DC. A etapa de 60% analisada nesse estudo apresentou o mesmo comportamento observado por Pereira (2018). Já as etapas de 40%, 80% e 100% apresentaram o maior valor de  $R^2$  para a relação em que DP é a variável dependente, seguida por DR e por último DC.

Como apresentado nas Tabelas 17, 18 e 19 os melhores resultados desse estudo não foram alcançados em nenhum momento pelo modelo 1. Logo, a fim de intensificar a comparação dos resultados obtidos por Pereira (2018) com os desse estudo, elaborou-se a Tabela 22 que apresenta os valores obtidos por Pereira e os melhores resultados alcançados nesse estudo utilizando outros modelos.

Verificando na Tabela 22 primeiramente as análises de regressão para DC-DP e DP-DC, o valor de  $R^2$  obtido por Pereira (2018) foi igual a 10,50% utilizando o modelo 1 para ambas as relações, esse valor foi menor do que o obtido nesse estudo para todas as etapas analisadas. A etapa de 40%, 60% e 80% obteve os maiores valores para  $R^2$  utilizando o modelo 7 e apresentou valores para DC-DP variando entre 21,10% e 35,20% e para DP-DC variando entre 15,80% e 21,90%. Já a etapa de 100% obteve o maior valor de  $R^2$  utilizando o modelo 5 para a relação DC-DP ( $R^2=14\%$ ) e utilizando o modelo 6 para a relação DP-DC ( $R^2=18,10\%$ ).

Tabela 22 – Análise de Regressão: Comparativo (3) Melhores valores

Comparativo - Melhores Valores					
	Relação	Modelo	Equação	p	R <sup>2</sup>
Pereira (2018)	DC-DP	1	$DC = 2,42 + 0,435 DP$	0,005	10,50%
	DP-DC		$DP = 5,73 + 0,241 DC$	0,005	10,50%
	DC-DR		$DC = 4,88 + 0,382 DR$	0,003	12,30%
	DR-DC		$DR = - 0,180 + 0,322 DC$	0,003	12,30%
	DP-DR		$DP = 6,36 + 0,438 DR$	0	29,20%
	DR-DP		$DR = - 3,11 + 0,666 DP$	0	29,20%
Autora 40%	DC-DP	7	$DC = 4,813 - 3,412 DP + 1,194 DP^2 - 0,09972 DP^3$	0,009	35,20%
	DP-DC	7	$DP = 4,027 + 1,033 DC - 0,3570 DC^2 + 0,03772 DC^3$	0,208	15,80%
	DC-DR	7	$DC = 4,347 + 3,557 DR - 2,922 DR^2 + 0,5233 DR^3$	0,572	7,30%
	DR-DC	7	$DR = 0,051 + 0,673 DC - 0,2108 DC^2 + 0,01922 DC^3$	0,851	2,90%
	DP-DR	2	$DP = 6,453 + 1,364 \ln DR$	0	79,00%
	DR-DP	5	$DR = 0,006DP^{2,611}$	0	57,80%
Autora 60%	DC-DP	7	$DC = 4,585 - 0,974 DP + 0,2408 DP^2 - 0,00851 DP^3$	0,007	24,70%
	DP-DC	7	$DP = 4,889 + 0,0785 DC - 0,0151 DC^2 + 0,00386 DC^3$	0,015	21,90%
	DC-DR	7	$DC = 4,759 + 1,045 DR - 0,1959 DR^2 + 0,0288 DR^3$	0,029	19,10%
	DR-DC	7	$DR = 0,1507 + 0,5428 DC - 0,1685 DC^2 + 0,01503 DC^3$	0	44,00%
	DP-DR	2	$DP = 6,414 + 1,315 \ln DR$	0	82,20%
	DR-DP	5	$DR = 0,00293DP^{3,070}$	0	66,70%
Autora 80%	DC-DP	7	$DC = 4,510 - 0,941 DP + 0,2605 DP^2 - 0,01304 DP^3$	0,003	21,10%
	DP-DC	7	$DP = 4,726 + 0,3676 DC - 0,0720 DC^2 + 0,00730 DC^3$	0,003	20,80%
	DC-DR	7	$DC = 4,818 + 0,4696 DR + 0,1667 DR^2 - 0,01989 DR^3$	0	26,20%
	DR-DC	7	$DR = 0,716 - 0,097 DC - 0,0056 DC^2 + 0,00498 DC^3$	0,002	21,70%
	DP-DR	2	$DP = 6,424 + 1,263 \ln DR$	0	77,80%
	DR-DP	5	$DR = 0,00184DR^{3,358}$	0	66,50%
Autora 100%	DC-DP	5	$DC = 0,95571DP^{0,9322}$	0,001	14,00%
	DP-DC	6	$DP = 6,005 - 0,3513 DC + 0,05784 DC^2$	0	18,10%
	DC-DR	5	$DC = 5,14487DR^{0,1510}$	0,01	9,30%
	DR-DC	7	$DR = 2,199 - 0,9422 DC + 0,1449 DC^2 - 0,00342 DC^3$	0,004	15,80%
	DP-DR	2	$DP = 6,323 + 1,145 \ln DR$	0	73,50%
	DR-DP	5	$DR = 0,0013DP^{3,584}$	0	63,30%

Fonte: Elaborada pela Autora

Analisando a relação entre DC-DR e DR-DC (Tabela 22) observa-se que o valor obtido por Pereira (2018) para  $R^2=12,30$  foi menor do que os obtidos nas etapas de 60% e 80% para a relação DC-DR utilizando o modelo 7, com valores de  $R^2$  iguais a 19,10% e 26,20%. As etapas de 40% e 100% apresentaram valores de  $R^2$  inferiores ao obtido por Pereira (2018), iguais a 7,30% e 9,30%, utilizando o modelo 7 (40%) e modelo 5 (100%). Já para a relação DR-DC, o valor obtido por Pereira (2018) foi superior apenas

ao da etapa de 40% que apresentou  $R^2=2,90\%$ . As etapas de 60%, 80% e 100% apresentaram valores mais altos, variando entre 15,80% e 44% utilizando o modelo 7 para as 3 etapas.

Para a relação DP-DR e DR-DP observadas na Tabela 22, Pereira (2018) obteve valor de  $R^2$  igual a 29,20% e todas as etapas desse estudo apresentaram valores superiores variando entre 73,50% e 82,20% para a relação DP-DR utilizando o modelo 2. A relação DR-DP variou entre 57,80% e 66,70% utilizando o modelo 5 para todas as etapas.

Mergh (2019) testou quatro modelos de regressão (modelos 1, 6, 7 e 8) que foram utilizados nesse estudo para DC, DP e DR em obras residenciais e a fim de comparar os resultados obtidos nesse trabalho com mais autores para o teste de regressão, são apresentados os resultados obtidos por Mergh (2019), e o resultado obtido pela análise da obra completa (etapa de 100%), nas Tabelas 23, 24, 25 e 26.

Tabela 23 – Análise de Regressão: Comparativo (4) Modelo 1

Comparativo - Modelo 1				
	Relação	Equação	p	R <sup>2</sup>
Mergh (2019)	DC-DP	$DC = 3,714 + 0,5359 DP$	0	29,80%
	DP-DC	$DP = 1,667 + 0,5565 DC$	0	29,80%
	DC-DR	$DC = 2,385 + 0,7492 DR$	0,001	25,60%
	DR-DC	$DR = 3,335 + 0,3418 DC$	0,001	25,60%
	DP-DR	$DP = -1,033 + 1,139 DR$	0	57,00%
	DR-DP	$DR = 2,918 + 0,5003 DP$	0	57,00%
Autora 100%	DC-DP	$DC = 2,470 + 0,4838 DP$	0,003	10,70%
	DP-DC	$DP = 4,786 + 0,2219 DC$	0,003	10,70%
	DC-DR	$DC = 5,093 + 0,2451DR$	0,051	4,80%
	DR-DC	$DR = 0,0446 + 0,1956DC$	0,051	4,80%
	DP-DR	$DP = 5,544 + 0,3950 DR$	0	27,20%
	DR-DP	$DR = - 3,014 + 0,6873 DP$	0	27,20%

Fonte: Elaborada pela Autora

Observando a Tabela 23 e comparando os resultados percebe-se que quando comparados aos valores obtidos por Mergh (2019), os resultados obtidos nesse estudo foram menores em todas as relações. Entretanto, considerando a comparação entre as relações, a que apresentou o maior valor de  $R^2$  nos resultados de Mergh

(2019) foi DP-DR/DR-DP, seguida pela relação DC-DP/DP-DC e a mais fraca delas foi a DC-DR/DR-DC e isso se manteve da mesma forma nesse estudo para a etapa de 100%.

Na Tabela 24 apresenta-se os valores obtidos por Mergh (2019) e nesse estudo (etapa de 100%) ambos utilizando o modelo 6, para comparação. Analisando a Tabela 24, como observado anteriormente, Mergh (2019) obteve resultados superiores aos resultados desse estudo na etapa de 100% para todas as relações. Mais uma vez os melhores valores foram obtidos na relação entre DP-DR/DR-DP para ambos autores, sendo os valores de  $R^2$  obtidos por Mergh (2019) iguais a 60,30% e 61,70% e nesse estudo iguais a 39,60% e 38,40%.

Tabela 24 – Análise de Regressão: Comparativo (5) Modelo 6

Comparativo – Modelo 6				
	Relação	Equação	p	R <sup>2</sup>
Mergh (2019)	DC-DP	$DC = 3,556 + 0,6609 DP - 0,01341 DP^2$	0,001	29,90%
	DP-DC	$DP = - 0,024 + 1,620 DC - 0,1014 DC^2$	0	34,10%
	DC-DR	$DC = 1,652 + 1,068 DR - 0,02959 DR^2$	0,002	25,90%
	DR-DC	$DR = 2,288 + 1,001 DC - 0,06275 DC^2$	0,001	29,30%
	DP-DR	$DP = 1,404 + 0,0799 DR + 0,09833 DR^2$	0	60,30%
	DR-DP	$DR = 3,638 - 0,0684 DP + 0,06105 DP^2$	0	61,70%
Autora 100%	DC-DP	$DC = 3,882 - 0,1002 DP + 0,05578 DP^2$	0,006	12,40%
	DP-DC	$DP = 6,005 - 0,3513 DC + 0,05784 DC^2$	0	18,10%
	DC-DR	$DC = 4,939 + 0,5087 DR - 0,03490 DR^2$	0,107	5,70%
	DR-DC	$DR = 2,001 - 0,7246 DC + 0,09285 DC^2$	0,001	15,60%
	DP-DR	$DP = 5,146 + 1,076 DR - 0,09020 DR^2$	0	39,60%
	DR-DP	$DR = 0,278 - 0,6735 DP + 0,1300 DP^2$	0	38,40%

Fonte: Elaborada pela Autora

Mergh (2019) também realizou análises de regressão utilizando o modelo 7, que também foi aplicado nesse estudo e obteve-se alguns dos melhores resultados com ele para algumas relações, como apresentado nas Tabelas 16 e 17. A fim de comparar os resultados obtidos por Mergh (2019) e os resultados desse estudo, elaborou-se a Tabela 25.

Ao observar a Tabela 25 percebe-se mais uma vez que utilizando o modelo 7, Mergh (2019) obteve valores para  $R^2$  superiores a todos os resultados obtidos nesse estudo

para todas as relações. E os melhores valores se mantiveram nas relações entre DP-DR/DR-DP, em que Mergh (2019) obteve  $R^2=81,20\%$  e  $R^2=62,60\%$  e nesse estudo  $R^2=42,70\%$  e  $R^2=38,90\%$ .

Tabela 25 – Análise de Regressão: Comparativo (6) Modelo 7

Comparativo – Modelo 7				
	Relação	Equação	p	R <sup>2</sup>
Mergh (2019)	DC-DP	$DC = 3,518 + 0,719 DP - 0,0280 DP^2 + 0,00096 DP^3$	0,003	29,90%
	DP-DC	$DP = 3,188 - 1,878 DC + 0,6890 DC^2 - 0,04906 DC^3$	0	42,80%
	DC-DR	$DC = 5,611 - 2,799 DR + 0,8778 DR^2 - 0,05961 DR^3$	0	40,20%
	DR-DC	$DR = 3,410 - 0,221 DC + 0,2133 DC^2 - 0,01714 DC^3$	0,002	31,70%
	DP-DR	$DP = 6,288 - 4,689 DR + 1,218 DR^2 - 0,7353 DR^3$	0	81,20%
	DR-DP	$DR = 4,029 - 0,6704 DP + 0,2113 DP^2 - 0,00991 DP^3$	0	62,60%
Autora 100%	DC-DP	$DC = 4,393 - 0,751 DP + 0,2128 DP^2 - 0,01036 DP^3$	0,014	12,90%
	DP-DC	$DP = 5,997 - 0,3421 DC + 0,0556 DC^2 + 0,000145 DC^3$	0,002	18,10%
	DC-DR	$DC = 5,094 + 0,1243 DR + 0,0957 DR^2 - 0,00981 DR^3$	0,181	6,20%
	DR-DC	$DR = 2,199 - 0,9422 DC + 0,1449 DC^2 - 0,00342 DC^3$	0,004	15,80%
	DP-DR	$DP = 4,889 + 1,712 DR - 0,3063 DR^2 + 0,01622 DR^3$	0	42,70%
	DR-DP	$DR = 0,725 - 1,243 DP + 0,2674 DP^2 - 0,00907 DP^3$	0	38,90%

Fonte: Elaborada pela Autora

Em relação a análise de regressão utilizando equação múltipla (modelo 8), em que há uma variável dependente e duas independentes, a Tabela 26 foi elaborada a fim de comparar os resultados obtidos por Mergh (2019) e os resultados desse estudo.

Tabela 26 – Análise de Regressão: Comparativo (7) Modelo 8

Comparativo – Modelo 8			
	Equação	p	R <sup>2</sup>
Mergh (2019)	$DC = 2,77 + 0,374 DP + 0,323 DR$	0	31,90%
	$DP = -1,57 + 0,225 DC + 0,970 DR$	0	60,60%
	$DR = 2,58 + 0,0904 DC + 0,452 DP$	0,002	58,20%
Autora 100%	$DC = 2,69 + 0,433 DP + 0,074 DR$	0,011	11,10%
	$DP = 4,77 + 0,152 DC + 0,358 DR$	0	31,90%
	$DR = -3,13 + 0,0483 DC + 0,664 DP$	0	27,40%

Fonte: Elaborada pela Autora

Percebe-se que os valores encontrados por Mergh (2019) para as variáveis dependentes DR, DC e DP foram superiores do que os resultados encontrados nessa pesquisa para todas as relações. Entretanto, considerando a comparação entre as

variáveis dependentes, a que apresentou o maior valor de  $R^2$  nos resultados de Mergh (2019) foi DP, seguida por DR e DC. A etapa de 100% analisada nesse estudo apresentou o mesmo comportamento observado por Mergh (2019), e os maiores valores obtidos (DP dependente) são  $R^2=60,60\%$ , por Mergh (2019) e  $R^2=31,90\%$  para esse estudo.

Conforme Mergh (2019), estes resultados tão díspares podem caracterizar uma mudança no perfil da amostra e no ciclo de acompanhamento das obras, uma vez que Mergh (2019) analisou obras de alto luxo que possuem controles mais rigorosos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo principal refinar os indicadores com que se pretende quantificar e compreender a eficácia do planejamento na construção civil no estado de Minas Gerais. Para isso foram utilizados indicadores de Desvios de Custo, Prazo e Ritmo e buscou-se estabelecer relações entre planejamento de curto e longo prazo. Além disso foram definidos como objetivos específicos verificar por meio de análise estatística novos modelos de regressão que possam explicar melhor a relação entre os indicadores; analisar e verificar a eficácia do planejamento em relação ao cumprimento das metas previstas de custo, prazo e ritmo, por meio do avanço físico dos empreendimentos; comparar os resultados obtidos nesse estudo com os de outros autores e entre períodos parciais e total dos empreendimentos.

Com o intuito de cumprir o objetivo principal do estudo, buscou-se caracterizar os indicadores das quatro obras e analisar os resultados em etapas parciais e total. Assim foram realizadas análises estatísticas com o objetivo de avaliar como os indicadores DC, DP e DR variam e se relacionam nas etapas parciais e total da obra. Buscando observar a relação entre os indicadores, foram realizados os testes de correlação, onde verificou-se que a relação mais forte aconteceu na etapa parcial de 80% para a relação DP-DR com valores de  $r=0,542$  e  $p=0$ . Esse resultado é esperado uma vez que quanto maior o ritmo, melhor é o prazo.

Foram realizadas também análises de regressão a fim de encontrar a equação que melhor explica a relação entre os indicadores, essa interpretação é realizada através do coeficiente  $R^2$ , que é uma medida estatística de quão próximos os dados estão da linha de regressão ajustada, ou seja, quanto mais alto o valor de  $R^2$ , mais alta é a relação entre as variáveis descritas pela equação analisada. Sendo assim verificou-se que os melhores resultados foram obtidos na etapa parcial de 60%, e como na análise de correlação, para a relação entre DP-DR, com valor de  $R^2=82,20\%$ . Por meio da análise de regressão também foi possível determinar qual é o melhor tipo de equação para estabelecer esse tipo de relação entre os indicadores, e a equação cúbica foi a que apresentou os melhores resultados de forma mais constante e, portanto, de acordo com os resultados obtidos nesse estudo é a equação mais indicada para esse tipo de análise.



Os valores dos indicadores obtidos nas etapas de 80% e 100% foram os que demonstraram melhores resultados na análise estatística descritiva realizada nesse estudo, sendo assim, podem ser consideradas etapas que possuem atividades que não interferem tanto no planejamento, uma vez que apresentaram os menores desvios reais. Isso acontece porque estudos relacionados a produtividade vem sendo cada vez mais realizados e quando uma obra é executada considerando esses aspectos, os desvios de custo, prazo, ritmo e as porcentagens de atraso são menores e no decorrer da obra o planejamento real se aproxima do planejado, como demonstrado nas obras desse estudo, já que essas obras apresentam muitas contratuais, caso os marcos de entrega não sejam cumpridos.

Ao analisar o planejamento em geral, à medida que a obra avança ocorre uma melhoria nos indicadores visto que o planejamento se encontra mais maduro, os problemas iniciais e suas causas já foram identificados, as metodologias utilizadas já estão consolidadas, confiáveis e consistentes e os profissionais já acumularam mais experiência levando em consideração o efeito aprendizagem.

Todos os valores obtidos durante as análises foram comparados com os resultados obtidos por Pereira (2018) e Mergh (2019) e para a maioria dos casos, os resultados foram similares. Sendo os resultados dessa pesquisa superiores aos valores obtidos por Pereira (2018) e inferiores pelos obtidos por Mergh (2019). As quatro obras desse trabalho foram estudadas por Pereira (2018) em um período fixo de 12 meses, e os resultados obtidos nessa pesquisa ao analisar as obras em etapas parciais e até o final foram melhores do que os obtidos por Pereira (2018), sendo possível concluir que a obra quando analisada até o final apresenta resultados melhores e mais precisos. Já quando comparado com Mergh (2019) é importante lembrar que as obras eram de tipologias diferentes, uma vez que Mergh (2019) analisou obras de alto luxo que possuem controles mais rigorosos, devido a isso é presumível que os resultados encontrados por Mergh (2019) sejam superiores, explicando as diferenças de valores encontradas.

Assim, entende-se que esse estudo contribuiu para o avanço do conhecimento sobre as relações entre os indicadores DC, DP e DR que também avaliam o desempenho da obra. Segundo Mergh (2019) a comprovação estatística da influência do ritmo, principalmente quando relacionado ao prazo e da eficácia do planejamento e controle da produção no desempenho de empreendimentos conjuntamente com os resultados obtidos nos cálculos da regressão linear e múltipla, abrem espaço para sugestões para trabalhos futuros, entre elas:

- identificação e teste de outras variáveis que influenciam no comportamento dos indicadores e inclusão no cálculo da regressão linear e múltipla;
- estudo de uma amostra maior e mais representativa;
- inclusão do estudo sobre produtividade, processos e treinamento de mão de obra;
- identificação de atividades e etapas parciais que possam influenciar ainda mais no planejamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, A. L. **Indicadores de Desempenho na Construção Civil: uma análise nas empresas de construção civil na Região Norte de Portugal**. 2017. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão da Qualidade, Universidade do Minho, Portugal, 2017.
- COSTA, D. B. **Diretrizes para Concepção, Implementação e Uso de sistemas de Indicadores de Desempenho para Empresas da Construção Civil**. 2003. 176 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRBS, Porto Alegre, 2003.
- FORMOSO, C.T.; COSTA, D. B.; LIMA, H.M.R.; BARTH, K.B. **Sistema de Indicadores para Benchmarking na Construção Civil: manual de utilização**. 2005. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2005.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editoras Atlas S.A., 2002. 176 p. v. 7. ISBN 85-224-3169-8.
- LANTELME, E. M. V.; LIMA H. M. R. **Etapas para Implementação de Sistema de Indicadores de Desempenho**. 2005. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sisind-net/resenhas/ferramentas-e-instrumentos-de-analise/etapas-para-implementacao-de-sistema-de-indicadores-de-desempenho>>. Acesso em: 17 ago 2019.
- LAUFER, A.; TUCKER, R. L. **Is Construction Planning Really Doing its Job? A critical examination of focus, role and process**. Construction Management and Economics, USA, v. 5, p. 243-266, 1987.
- LEVIN, J.; FOX, A.; FORDE, D. **Estatística para ciências humanas**. 11. Ed. São Paulo, Editora Pearson, 2012.
- MERGH, L. S. **Análise de Indicadores da Gestão de Produção em Obras Corporativas**. 2019. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil - UFMG, Belo Horizonte - MG, 2019.
- MILONE, G. **Estatística: Geral e Aplicada**. São Paulo: Thomson Learning, 2006.
- MOURA, C. B. **Avaliação do Impacto do Sistema Last Planner no Desempenho de Empreendimentos da Construção Civil**. 2008. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2008.
- MOURA, C. B.; FORMOSO, C.T. **Análise quantitativa de indicadores de planejamento e controle da produção: impactos do Sistema Last Planner e**

**fatores que afetam a sua eficácia.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 57-74, jul./set. 2009.

NAVARRO, G. P. **Proposta de Sistemas de Indicadores de Desempenho para a Gestão da Produção em Empreendimentos de Edificações Residenciais.**

2005.163f. Dissertação - Mestrado Profissionalizante em Engenharia – Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

NEELY, A; MILLS, J; BOURNE, M; RICHARDS, H; PLATTS, K. **Designing performance measures: a structured approach.** International Journal of Operations & Production, 1997.

NEELY, A; MILLS, J; PLATTS, K; GREGORY, M; RICHARDS, H. **Performance measurement system design: Should process based approaches be adopted?** International Journal of Production Economics, 46–47, 423–431, 1996.

NEELY, A; MILLS, J; PLATTS, K; GREGORY, M; RICHARDS, H. **Realizing strategy through measurement.** International Journal of Operation & Production Management, Bradford, v. 15, n. 3, p. 140-152, 1994.

OLIVEIRA, D. M. **Estudo dos processos aproximados utilizados para a consideração das não-linearidades física e geométrica na análise global das estruturas de concreto armado.** 2007. Tese - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Estruturas, UFMG, Belo Horizonte, 2007.

PEREIRA, M. D. C. **Análise de indicadores de planejamento e desempenho de empreendimentos da construção civil.** 2017. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, UFMG, Belo Horizonte - MG, 2017.

PEREIRA, C.G.A. **Análise de Indicadores de Custos e Prazo de Obras Comerciais: Comparação entre o Planejamento e a Execução.** 2018. Dissertação – Programa de Pós-graduação em Construção Civil – UFMG, Belo Horizonte – MG, 2018.

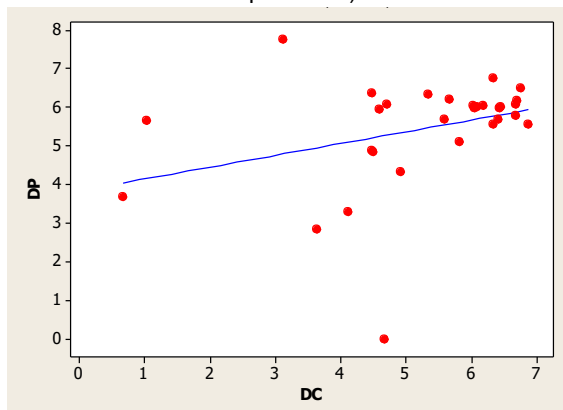
PEREIRA, A. **Desmitificando a Curva S.** 2010. Disponível em: <<http://gerenciamentoprojeto.blogspot.com.br/2010/04/desmitificando-curvas.html>>. Acesso em: 19 dez 2018.

TRIOLA, M.F. **Introdução a Estatística (Tradução).** Rio de Janeiro: LTC, 2006.

## APÊNDICE

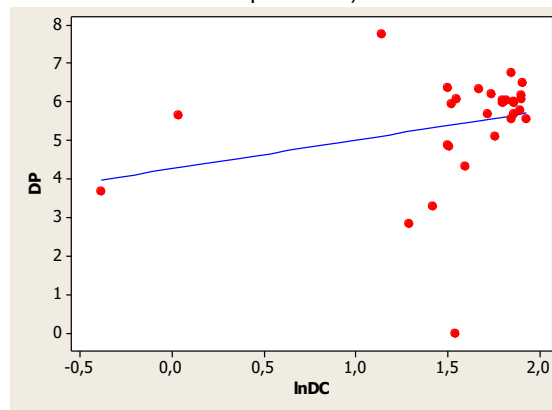
### Apêndice A – Modelos Ajustados para a etapa 40%

Figura A.1 – Gráfico: Modelo 1 – DP-DC (DP Dependente)



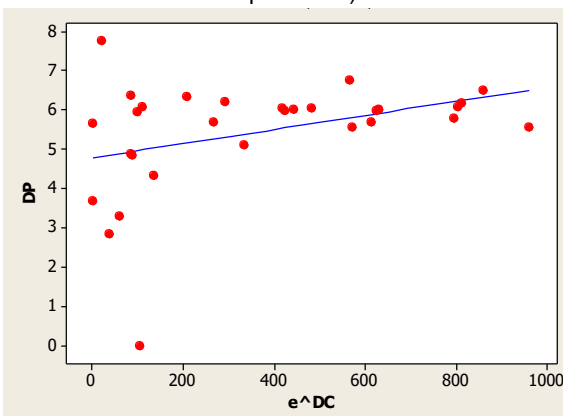
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.2 – Gráfico: Modelo 2 – DP-DC (DP Dependente)



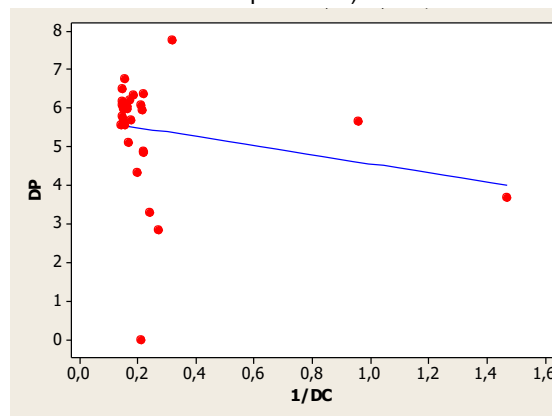
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.3 – Gráfico: Modelo 3 – DP-DC (DP Dependente)



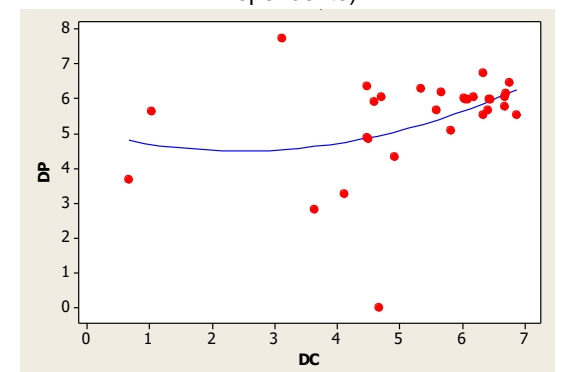
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.4 – Gráfico: Modelo 4 – DP-DC (DP Dependente)



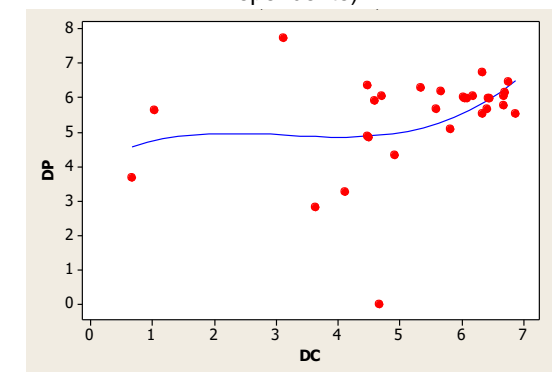
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.5 – Gráfico: Modelo 6 – DP-DC (DP Dependente)



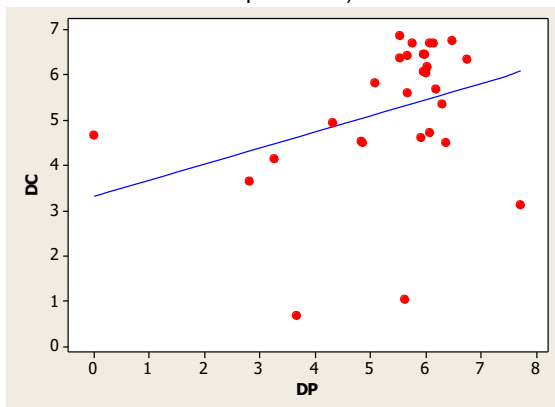
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.6 – Gráfico: Modelo 7 – DP-DC (DP Dependente)



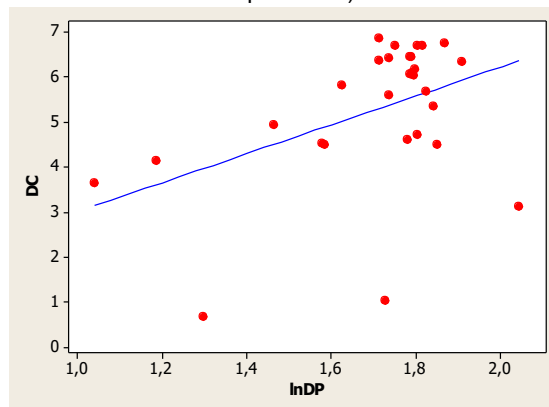
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.7 – Gráfico: Modelo 1 – DC-DP (DC Dependente)



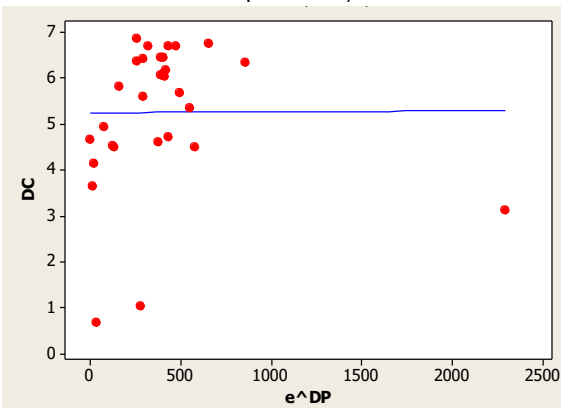
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.8 – Gráfico: Modelo 2 – DC-DP (DC Dependente)



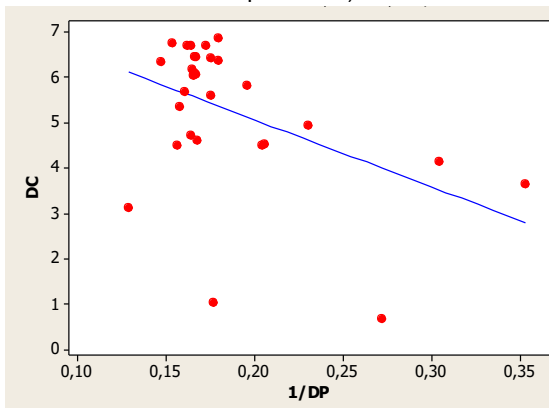
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.9 – Gráfico: Modelo 3 – DC-DP (DC Dependente)



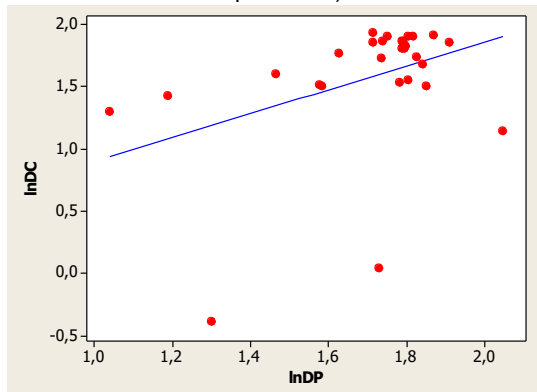
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.10 – Gráfico: Modelo 4 – DC-DP (DC Dependente)



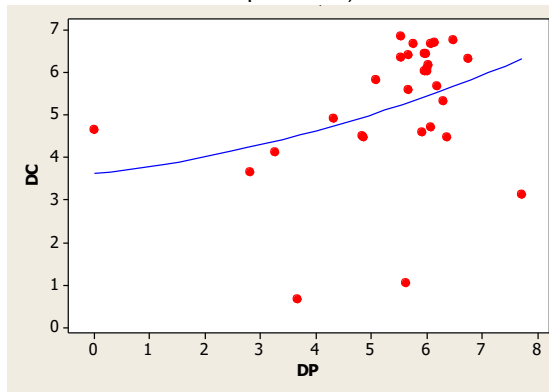
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.11 – Gráfico: Modelo 5 – DC-DP (DC Dependente)



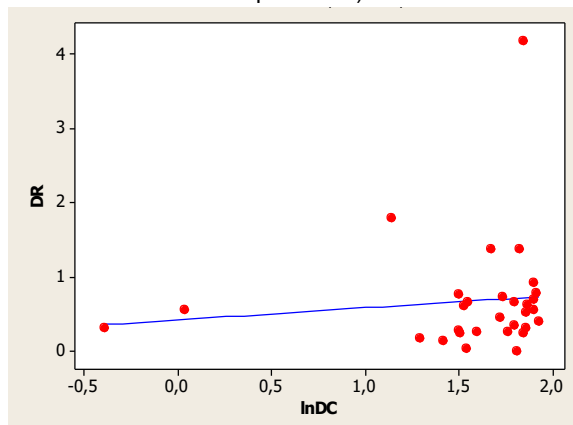
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.12 – Gráfico: Modelo 6 – DC-DP (DC Dependente)



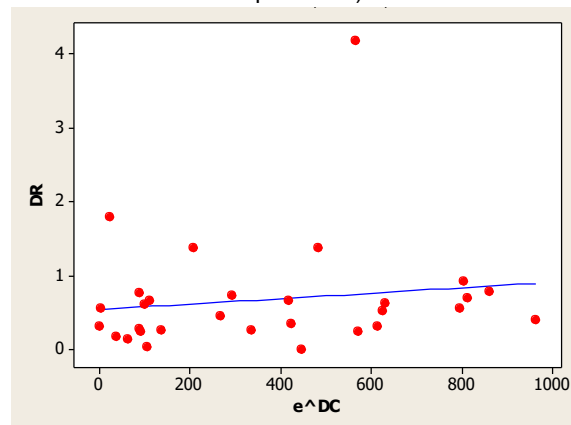
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.13 – Gráfico: Modelo 2 – DR-DC (DR Dependente)



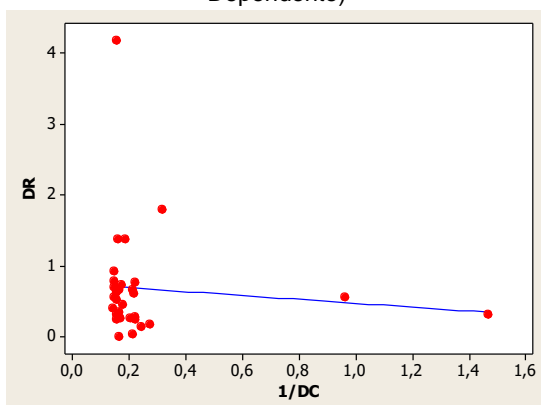
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.14 – Gráfico: Modelo 3 – DR-DC (DR Dependente)



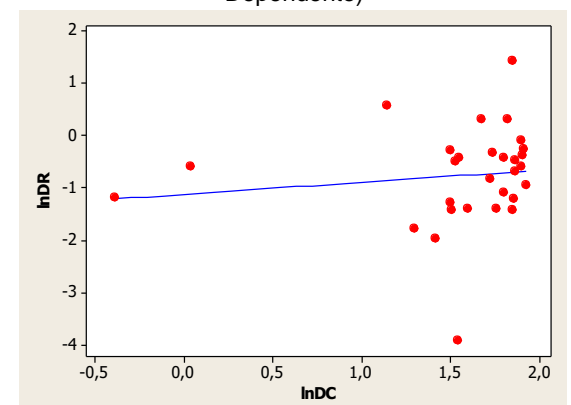
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.15 – Gráfico: Modelo 4 – DR-DC (DR Dependente)



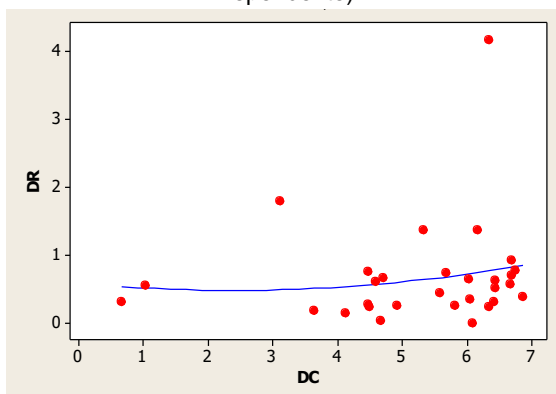
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.16 – Gráfico: Modelo 5 – DR-DC (DR Dependente)



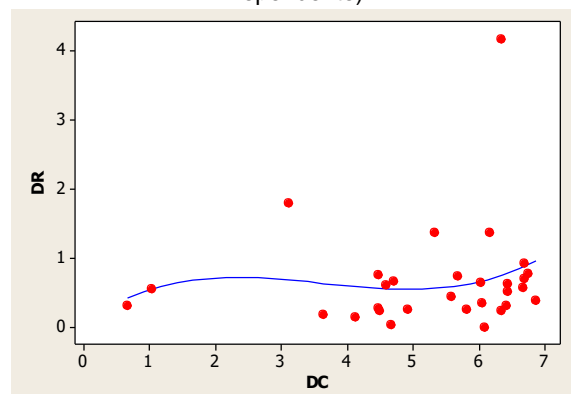
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.17 – Gráfico: Modelo 6 – DR-DC (DR Dependente)



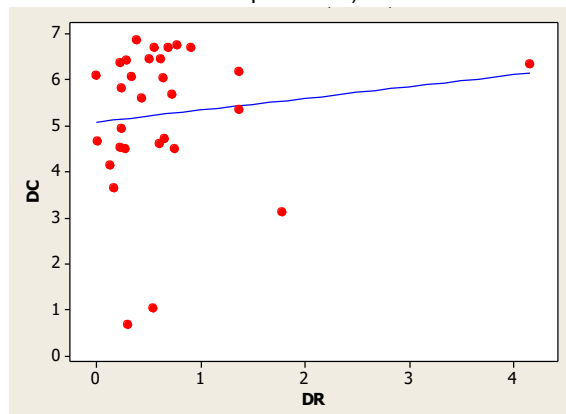
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.18 – Gráfico: Modelo 7 – DR-DC (DR Dependente)



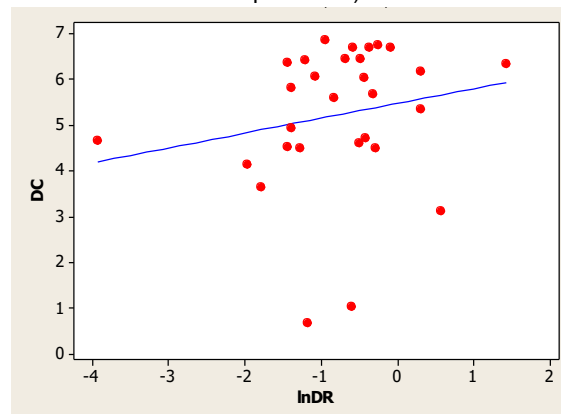
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.19 – Gráfico: Modelo 1 – DC-DR (DC Dependente)



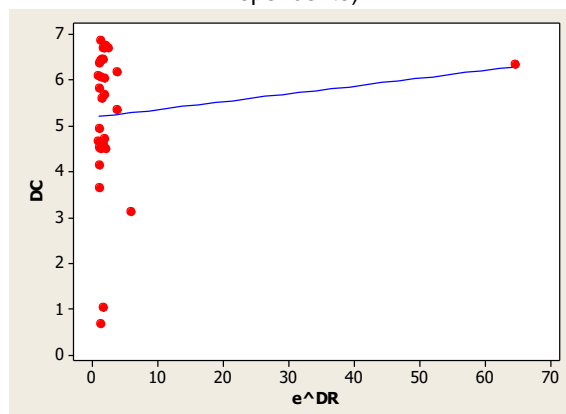
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.20 – Gráfico: Modelo 2 – DC-DR (DC Dependente)



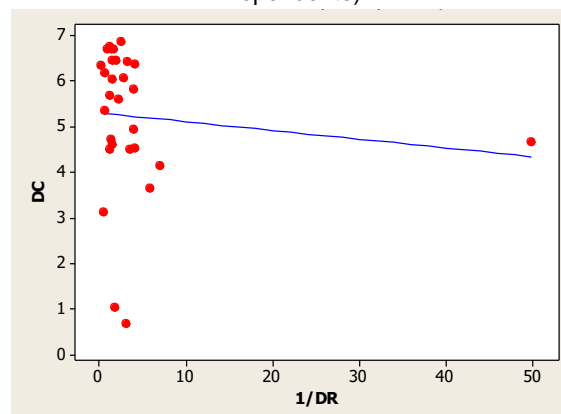
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.21 – Gráfico: Modelo 3 – DC-DR (DC Dependente)



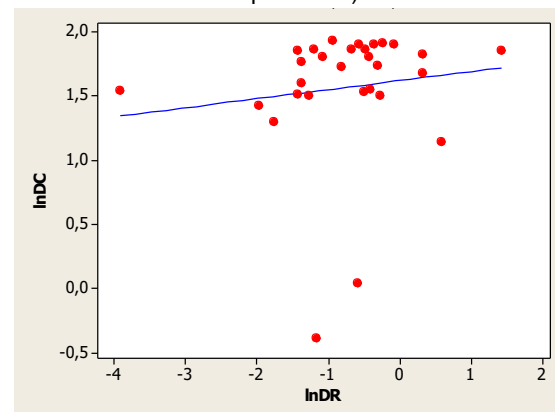
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.22 – Gráfico: Modelo 4 – DC-DR (DC Dependente)



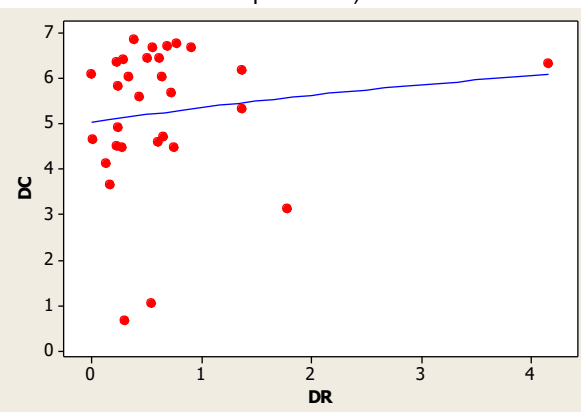
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.23 – Gráfico: Modelo 5 – DC-DR (DC Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

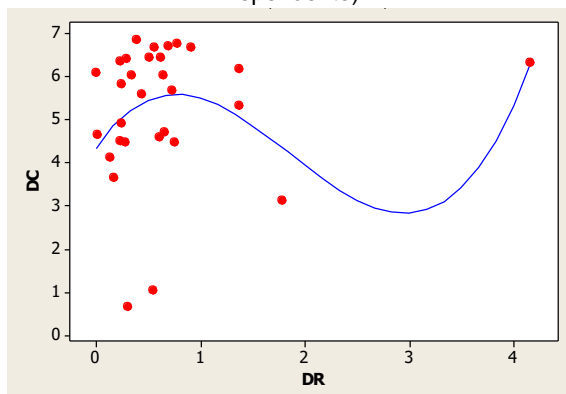
Figura A.24 – Gráfico: Modelo 6 – DC-DR (DC Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

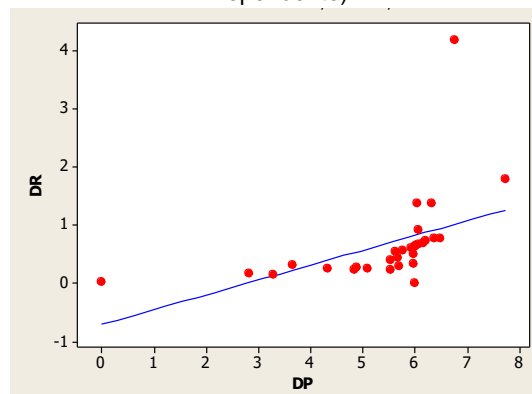


Figura A.25 – Gráfico: Modelo 7 – DC-DR (DC Dependente)



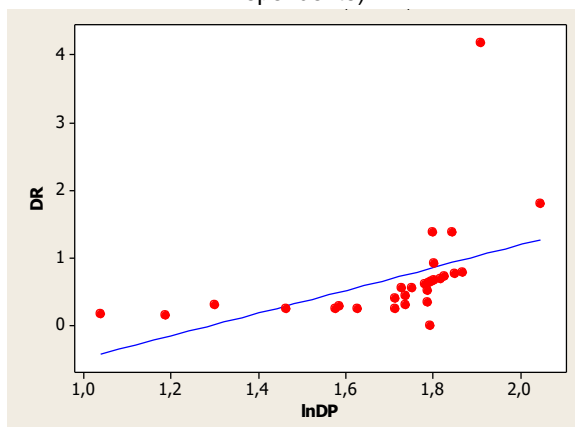
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.26 – Gráfico: Modelo 1 – DR-DP (DR Dependente)



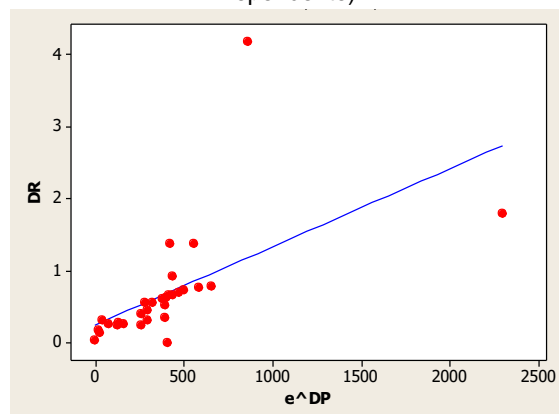
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.27 – Gráfico: Modelo 2 – DR-DP (DR Dependente)



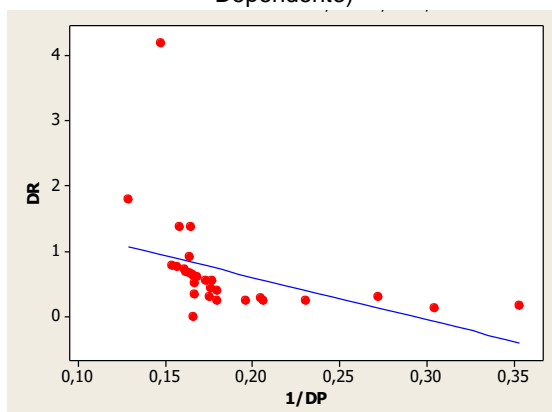
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.28 – Gráfico: Modelo 3 – DR-DP (DR Dependente)



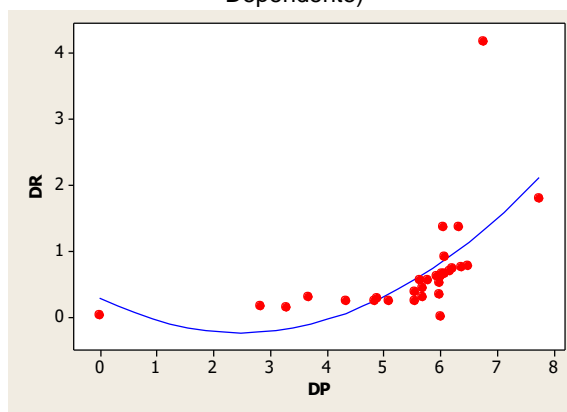
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.29 – Gráfico: Modelo 4 – DR-DP (DR Dependente)



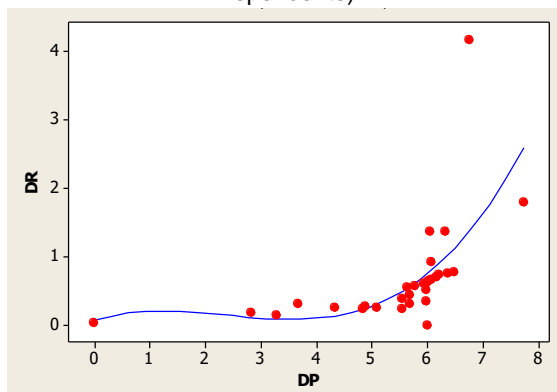
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.30 – Gráfico: Modelo 6 – DR-DP (DR Dependente)



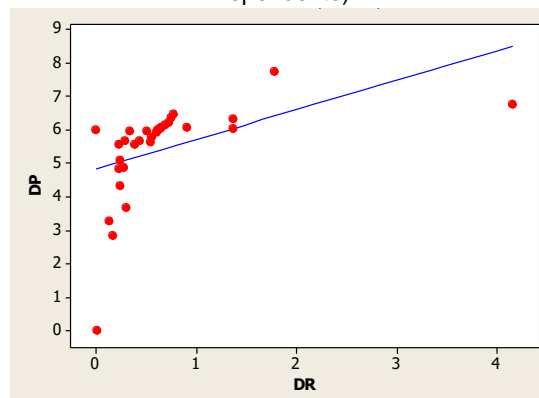
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.31 – Gráfico: Modelo 7 – DR-DP (DR Dependente)



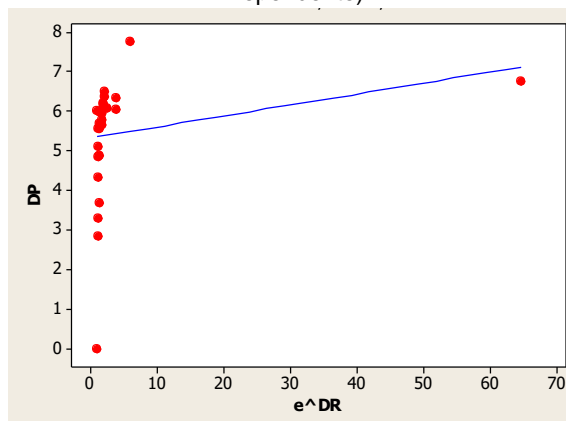
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.32 – Gráfico: Modelo 1 – DP-DR (DP Dependente)



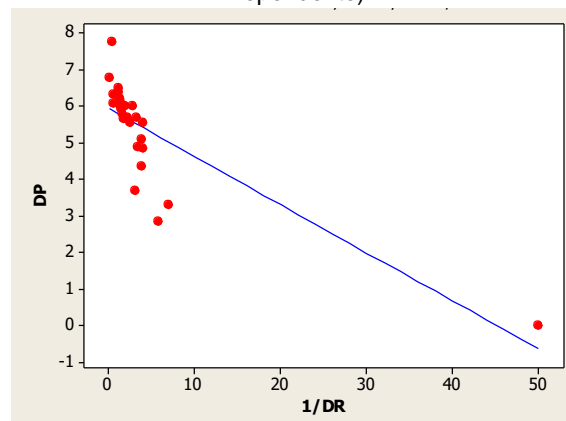
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.33 – Gráfico: Modelo 3 – DP-DR (DP Dependente)



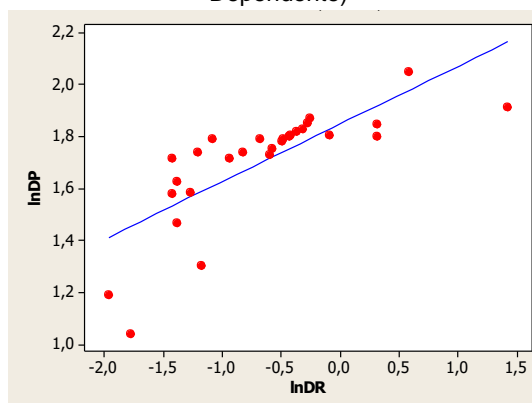
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.34 – Gráfico: Modelo 4 – DP-DR (DP Dependente)



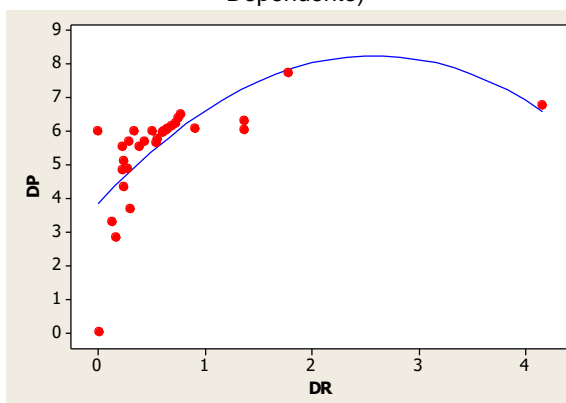
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.35 – Gráfico: Modelo 5 – DP-DR (DP Dependente)



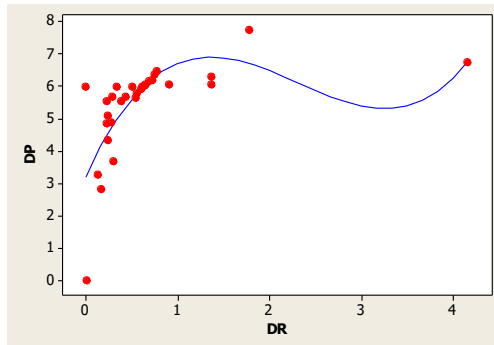
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura A.36 – Gráfico: Modelo 6 – DP-DR (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

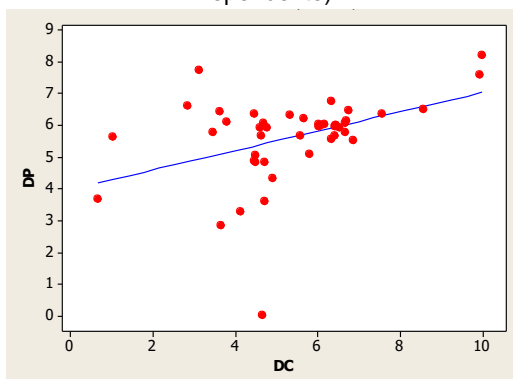
Figura A.37 – Gráfico: Modelo 7 – DP-DR (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

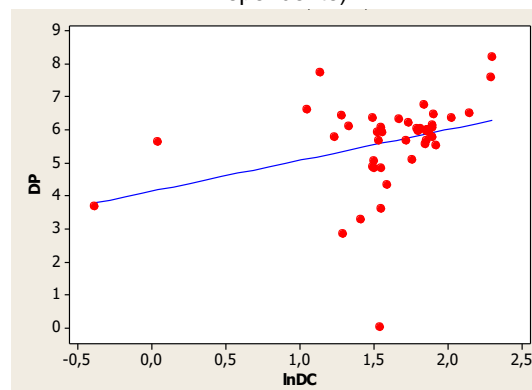
## Apêndice B – Modelos Ajustados para a etapa 60%

Figura B.1 – Gráfico: Modelo 1 – DP-DC (DP Dependente)



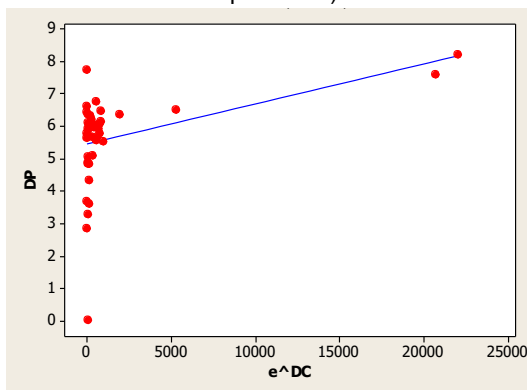
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.2 – Gráfico: Modelo 2 – DP-DC (DP Dependente)



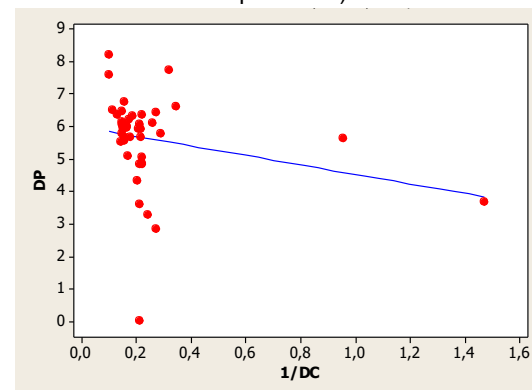
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.3 – Gráfico: Modelo 3 – DP-DC (DP Dependente)



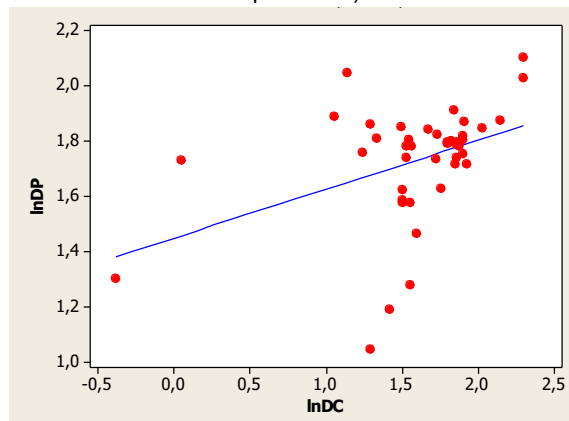
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.4 – Gráfico: Modelo 4 – DP-DC (DP Dependente)



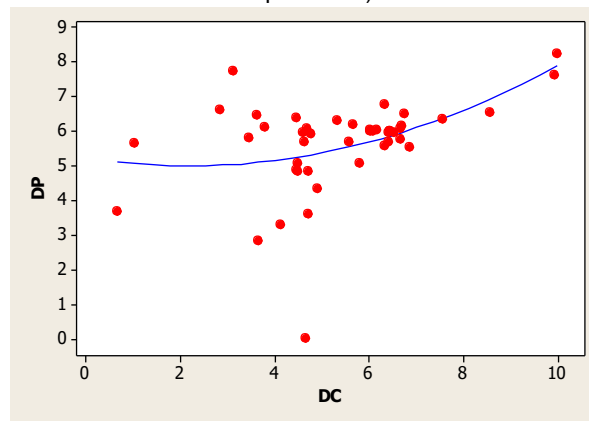
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.5 – Gráfico: Modelo 5 – DP-DC (DP Dependente)



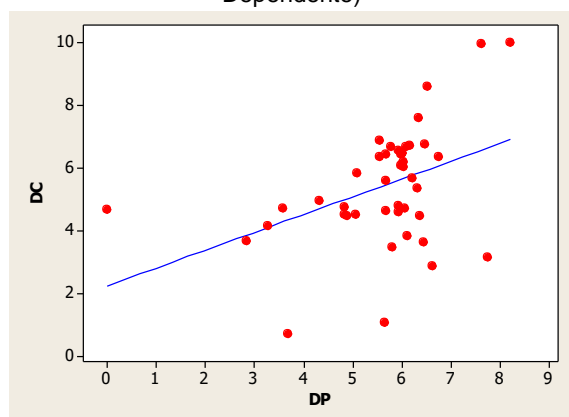
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.6 – Gráfico: Modelo 6 – DP-DC (DP Dependente)



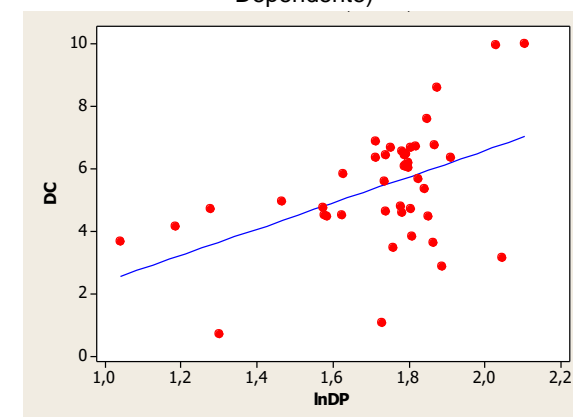
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.7 – Gráfico: Modelo 1 – DC-DP (DC Dependente)



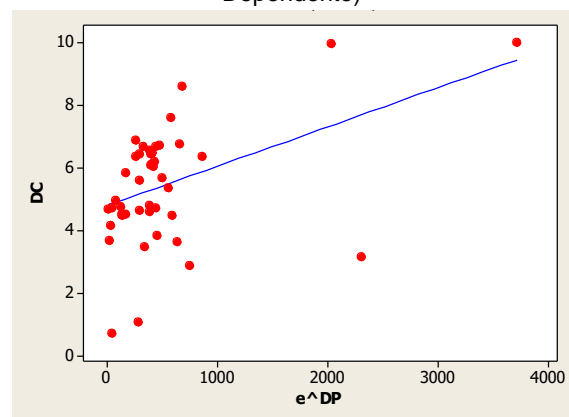
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.8 – Gráfico: Modelo 2– DC-DP (DC Dependente)



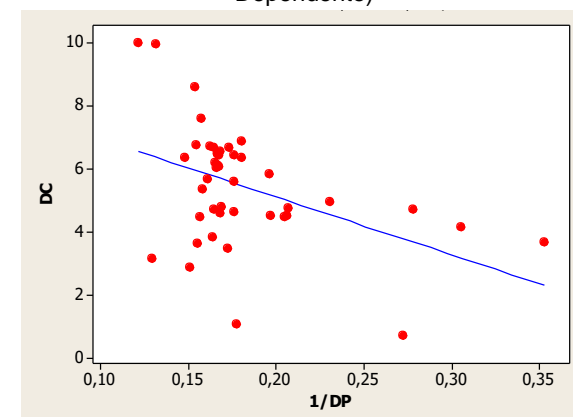
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.9 – Gráfico: Modelo 3– DC-DP (DC Dependente)



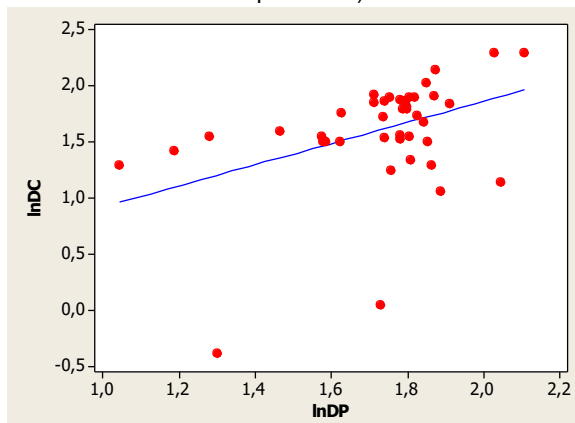
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.10 – Gráfico: Modelo 4– DC-DP (DC Dependente)



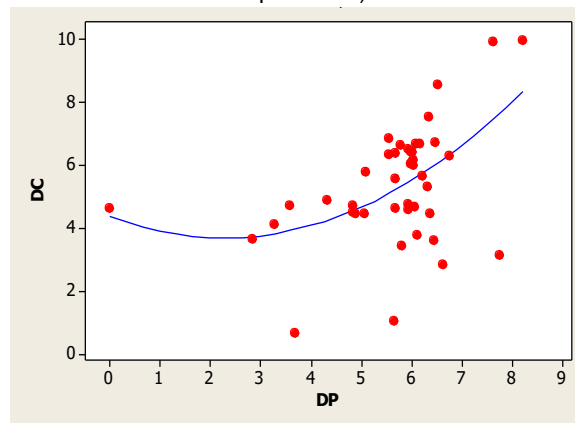
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.11 – Gráfico: Modelo 5– DC-DP (DC Dependente)



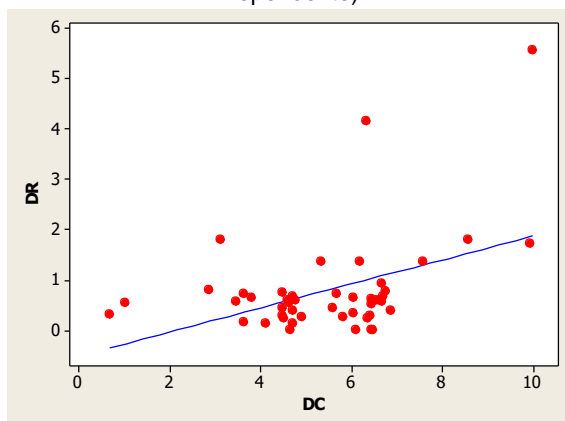
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.12 – Gráfico: Modelo 6– DC-DP (DC Dependente)



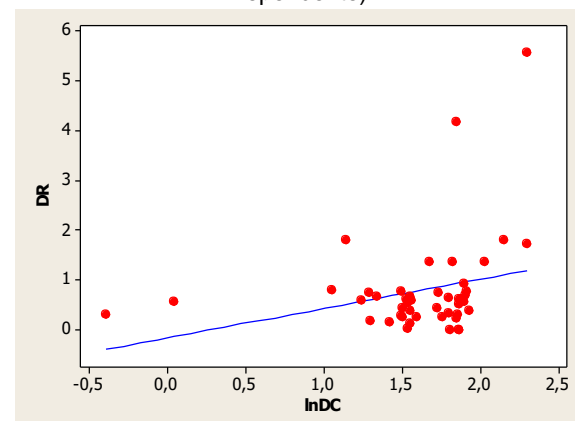
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.13 – Gráfico: Modelo 1– DR-DC (DR Dependente)



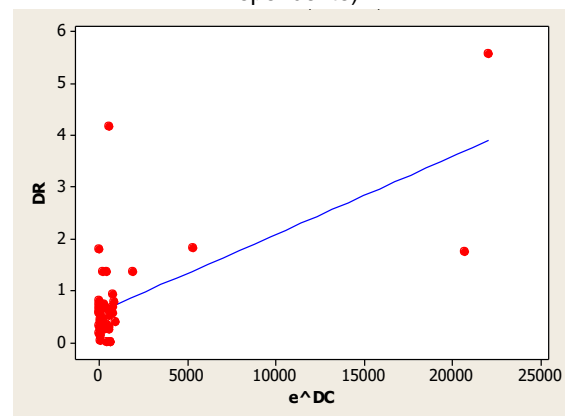
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.14 – Gráfico: Modelo 2– DR-DC (DR Dependente)



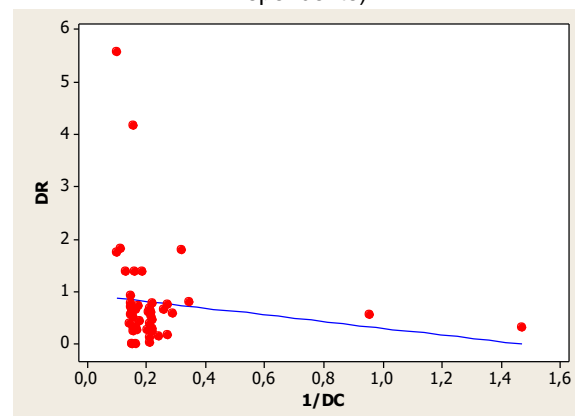
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.15 – Gráfico: Modelo 3– DR-DC (DR Dependente)



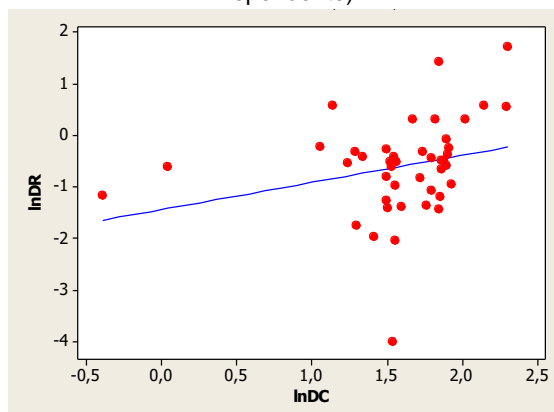
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.16 – Gráfico: Modelo 4– DR-DC (DR Dependente)



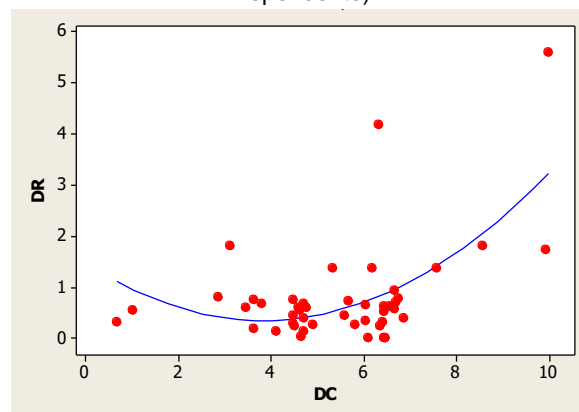
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.17 – Gráfico: Modelo 5– DR-DC (DR Dependente)



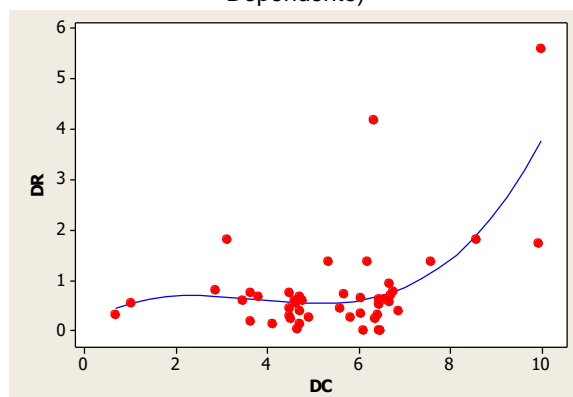
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.18 – Gráfico: Modelo 6– DR-DC (DR Dependente)



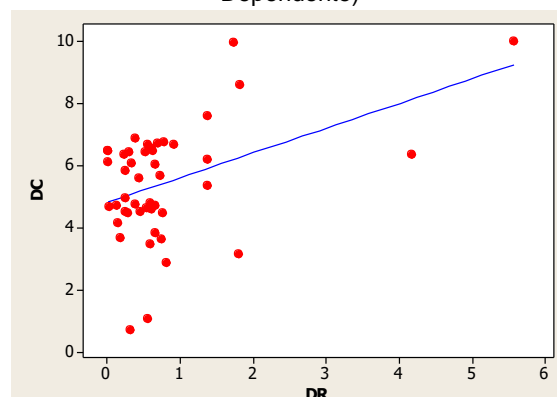
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.19 – Gráfico: Modelo 7– DR-DC (DR Dependente)



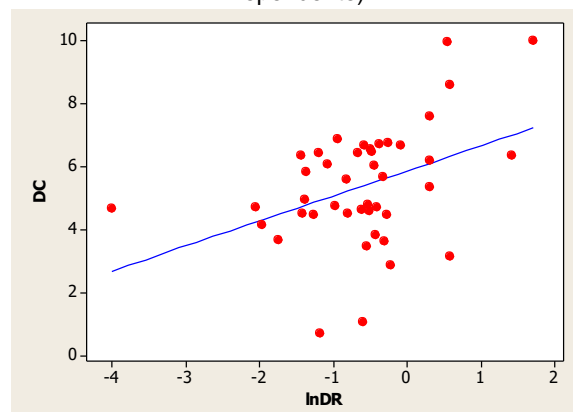
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.20 – Gráfico: Modelo 1– DC-DR (DC Dependente)



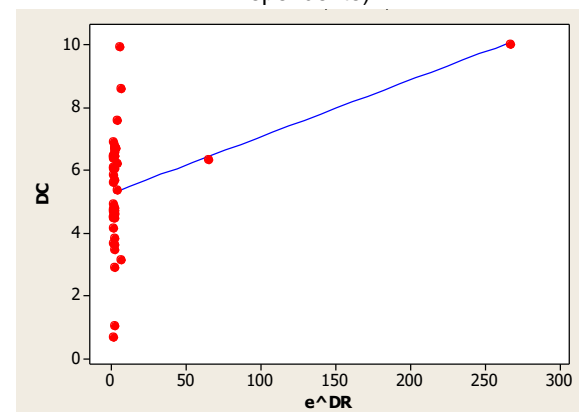
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.21 – Gráfico: Modelo 2– DC-DR (DC Dependente)



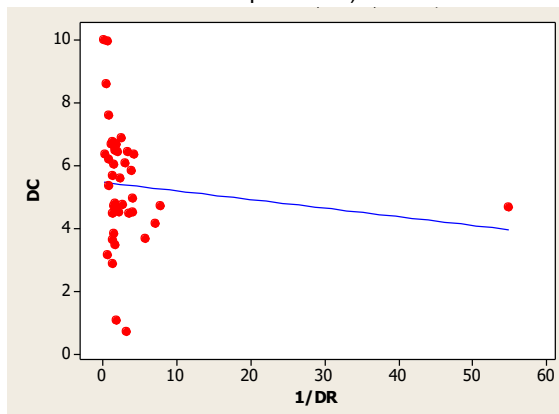
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.22 – Gráfico: Modelo 3– DC-DR (DC Dependente)



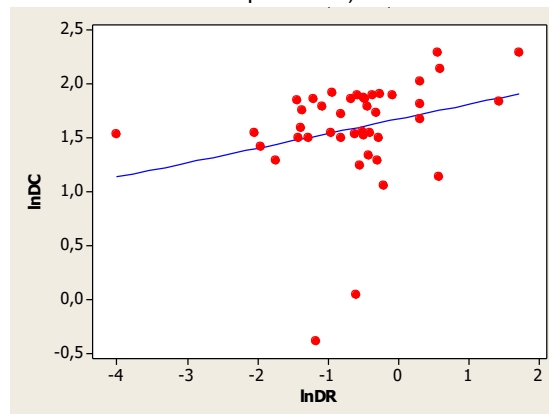
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.23 – Gráfico: Modelo 4– DC-DR (DC Dependente)



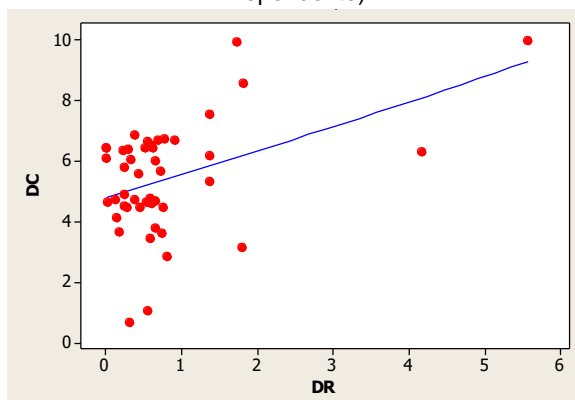
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.24 – Gráfico: Modelo 5– DC-DR (DC Dependente)



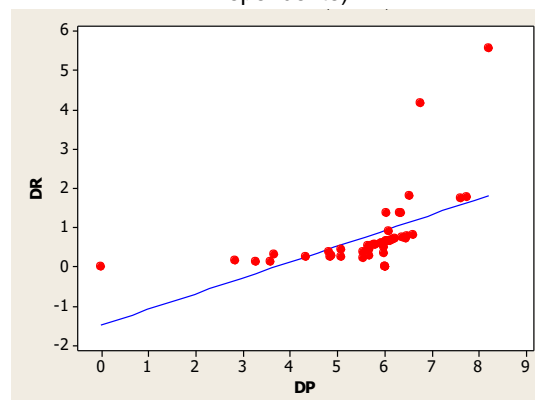
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.25 – Gráfico: Modelo 6– DC-DR (DC Dependente)



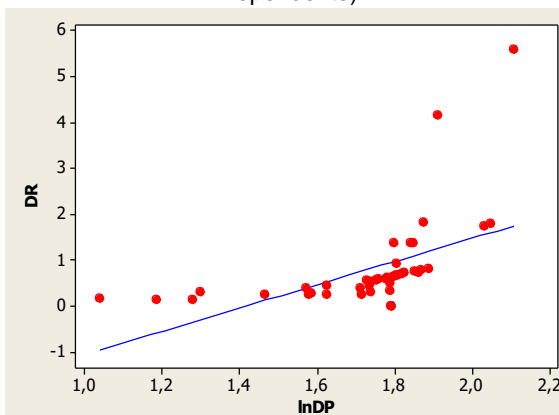
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.26 – Gráfico: Modelo 1– DR-DP (DR Dependente)



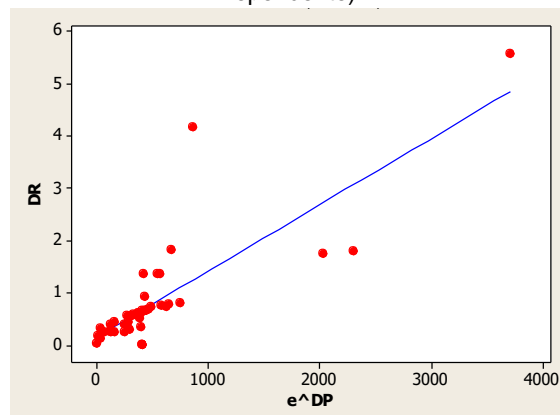
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.27 – Gráfico: Modelo 2– DR-DP (DR Dependente)



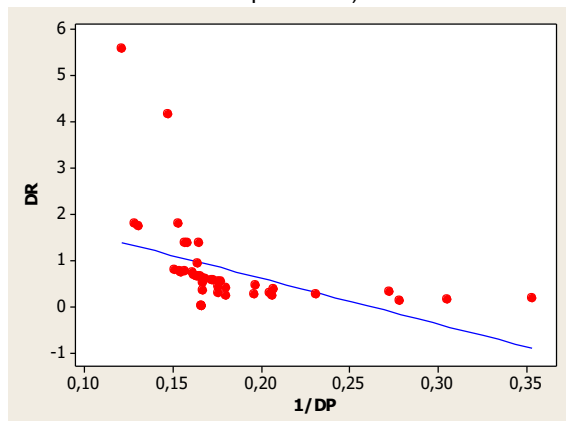
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.28 – Gráfico: Modelo 3– DR-DP (DR Dependente)



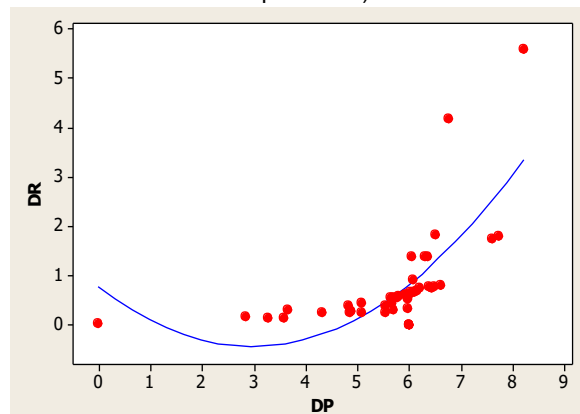
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.29 – Gráfico: Modelo 4– DR-DP (DR Dependente)



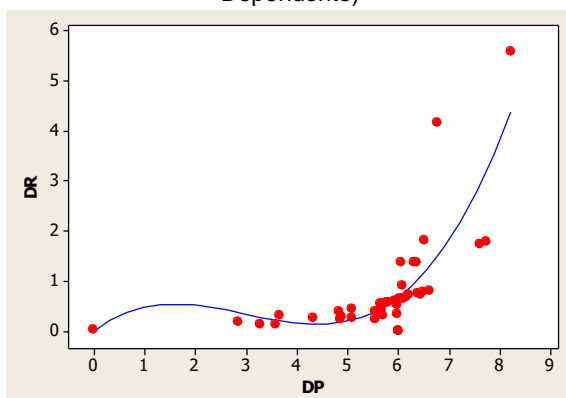
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.30 – Gráfico: Modelo 6– DR-DP (DR Dependente)



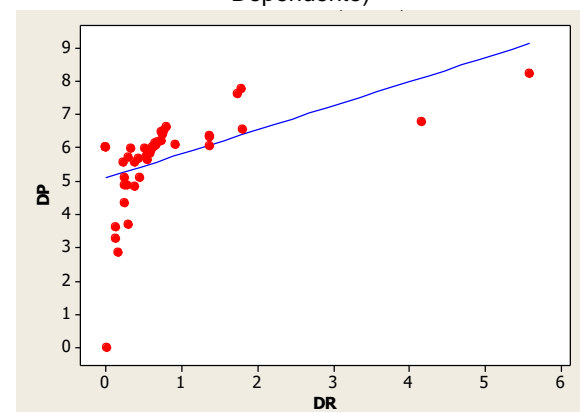
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.31 – Gráfico: Modelo 7– DR-DP (DR Dependente)



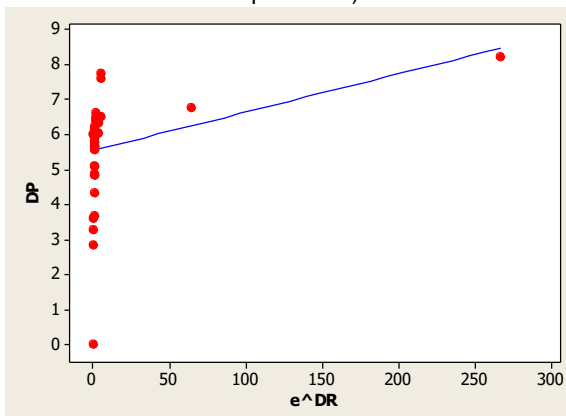
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.32 – Gráfico: Modelo 1– DP-DR (DP Dependente)



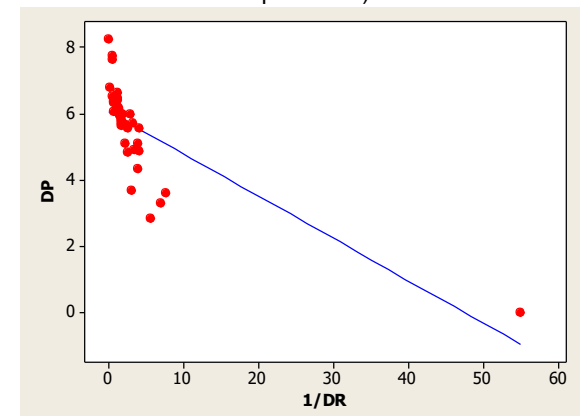
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.33 – Gráfico: Modelo 3– DP-DR (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

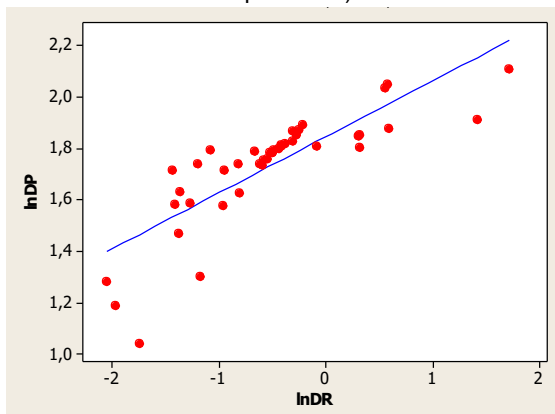
Figura B.34 – Gráfico: Modelo 4– DP-DR (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

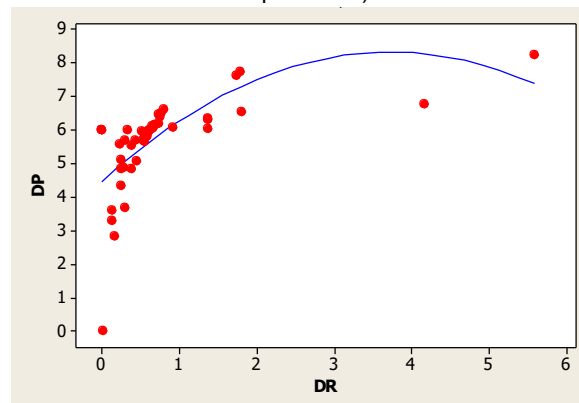


Figura B.35 – Gráfico: Modelo 5– DP-DR (DP Dependente)



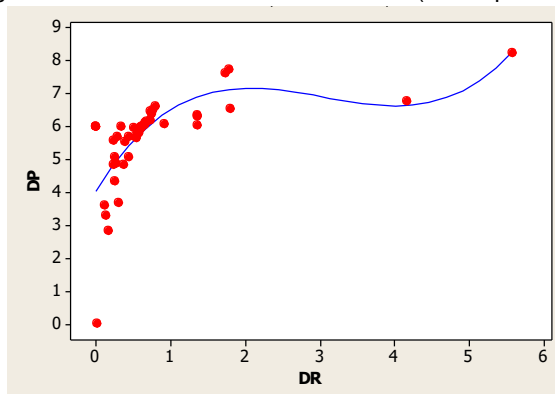
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura B.36 – Gráfico: Modelo 6– DP-DR (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

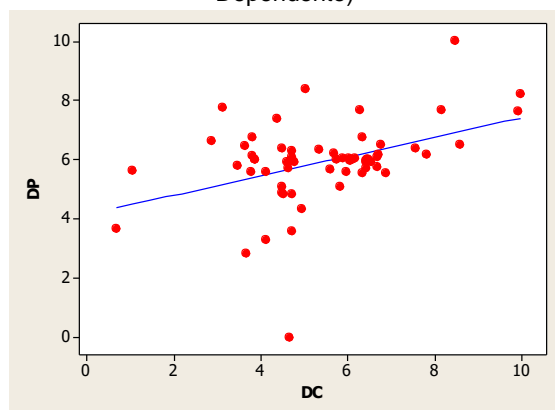
Figura B.37 – Gráfico: Modelo 7– DP-DR (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

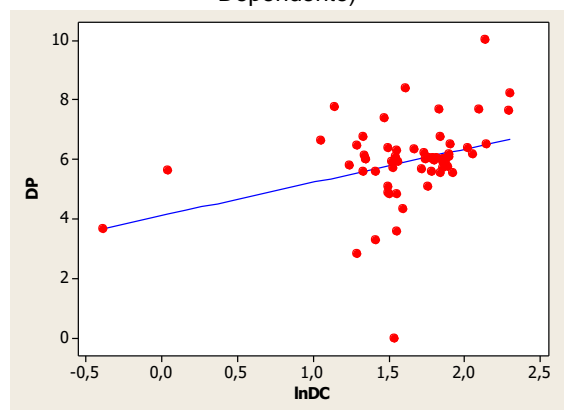
### Apêndice C – Modelos Ajustados para a etapa 80%

Figura C.1 – Gráfico: Modelo 1– DP-DC (DP Dependente)



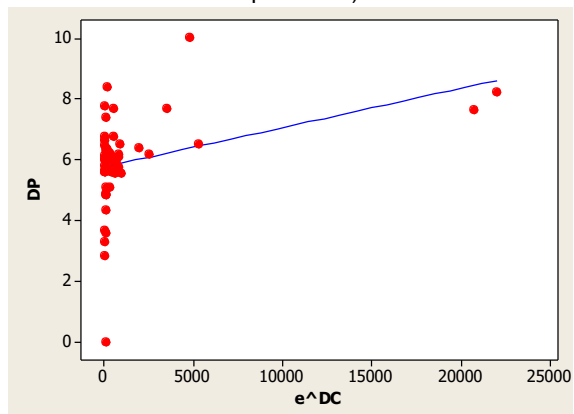
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.2 – Gráfico: Modelo 2– DP-DC (DP Dependente)



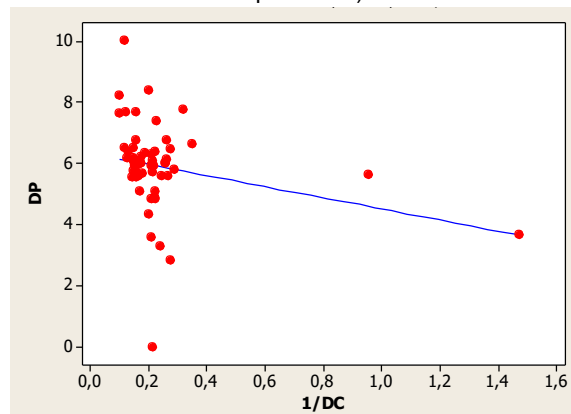
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.3 – Gráfico: Modelo 3– DP-DC (DP Dependente)



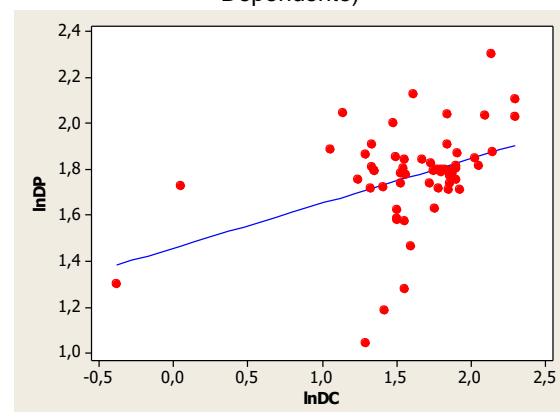
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.4 – Gráfico: Modelo 4– DP-DC (DP Dependente)



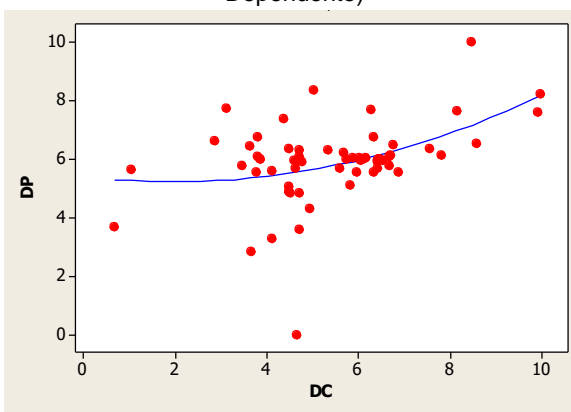
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.5 – Gráfico: Modelo 5– DP-DC (DP Dependente)



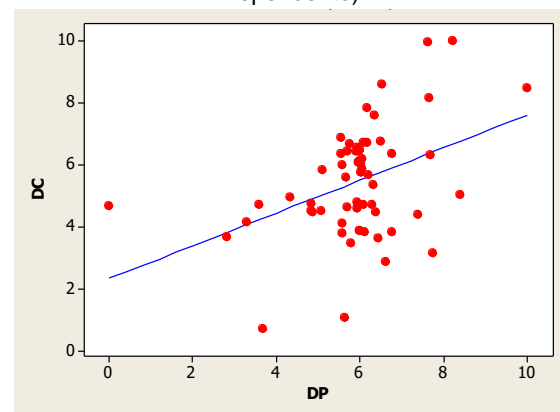
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.6 – Gráfico: Modelo 6– DP-DC (DP Dependente)



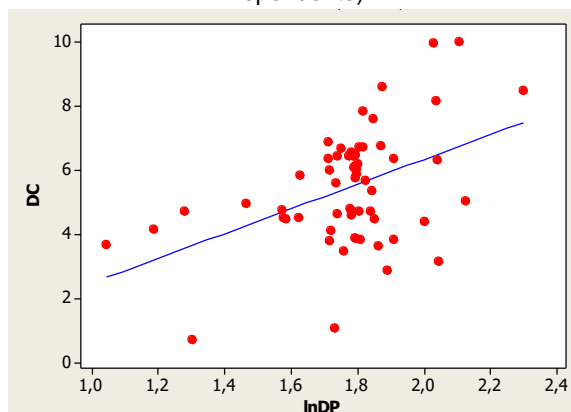
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.7 – Gráfico: Modelo 1– DC-DP (DC Dependente)



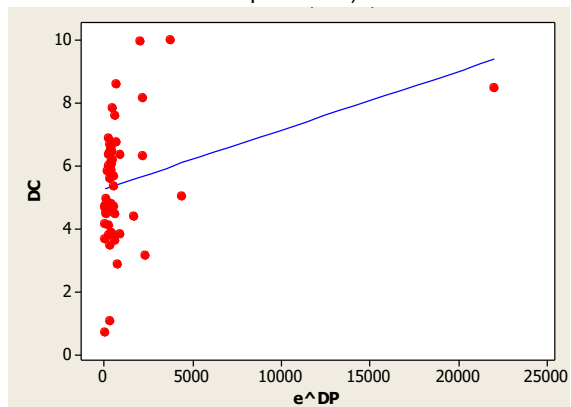
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.8 – Gráfico: Modelo 2– DC-DP (DC Dependente)



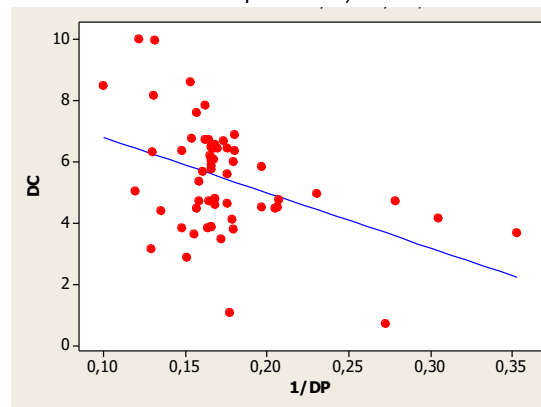
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.9 – Gráfico: Modelo 3– DC-DP (DC Dependente)



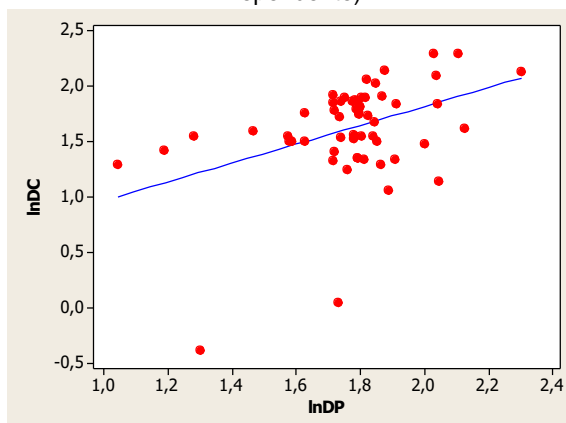
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.10 – Gráfico: Modelo 4– DC-DP (DC Dependente)



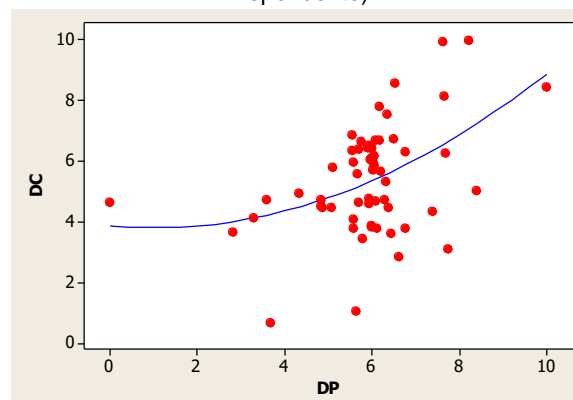
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.11 – Gráfico: Modelo 5– DC-DP (DC Dependente)



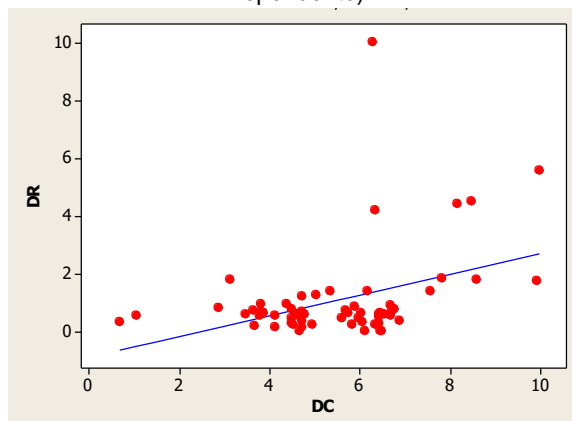
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.12 – Gráfico: Modelo 6– DC-DP (DC Dependente)



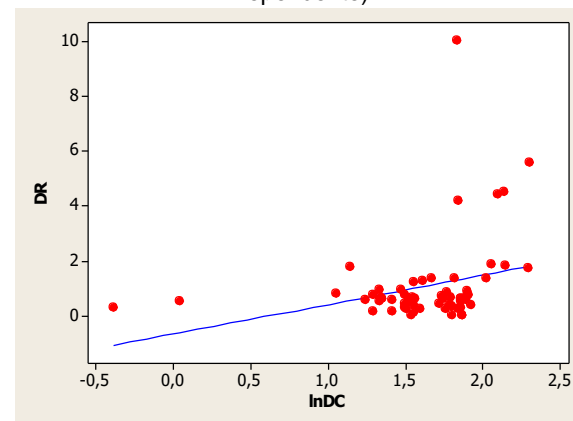
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.13 – Gráfico: Modelo 1– DR-DC (DR Dependente)



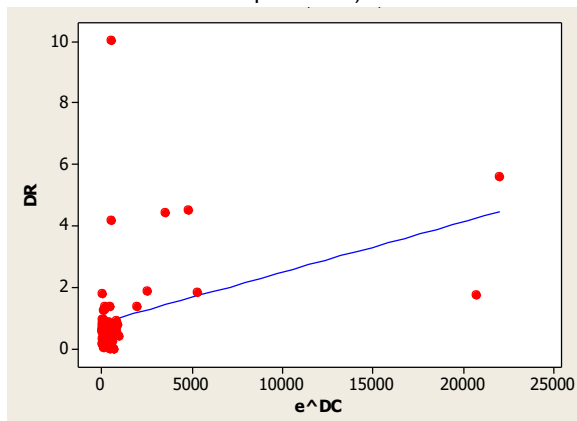
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.14 – Gráfico: Modelo 2– DR-DC (DR Dependente)



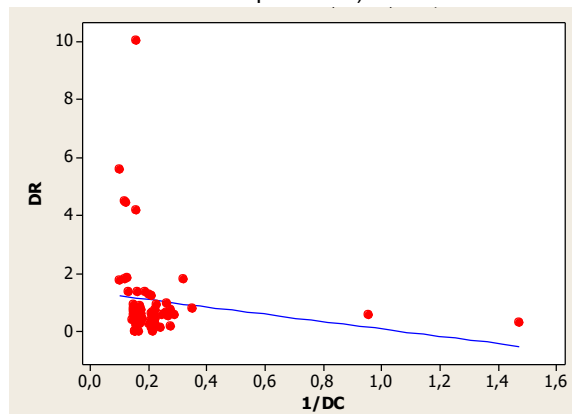
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.15 – Gráfico: Modelo 3– DR-DC (DR Dependente)



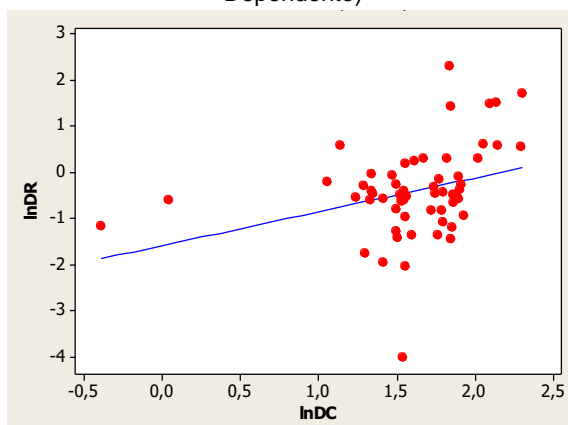
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.16 – Gráfico: Modelo 4– DR-DC (DR Dependente)



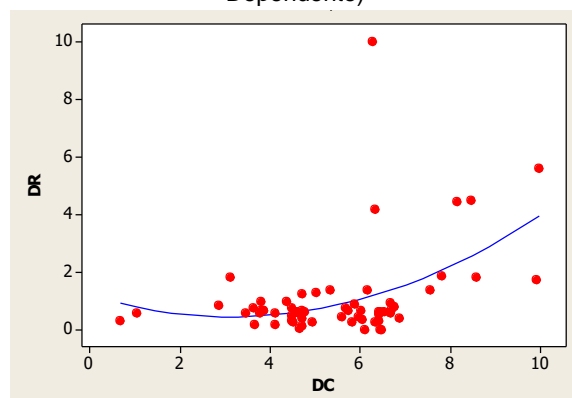
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.17 – Gráfico: Modelo 5– DR-DC (DR Dependente)



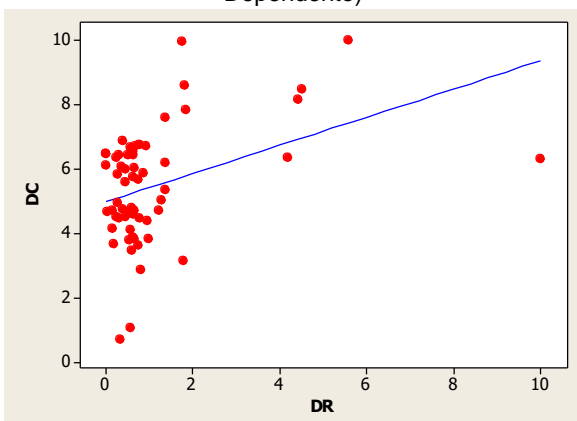
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.18 – Gráfico: Modelo 6– DR-DC (DR Dependente)



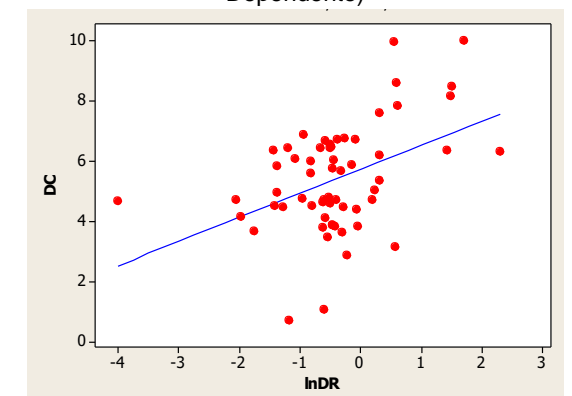
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.19 – Gráfico: Modelo 1– DC-DR (DC Dependente)



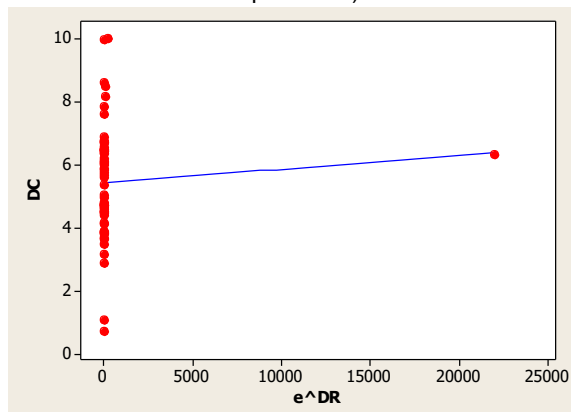
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.20 – Gráfico: Modelo 2– DC-DR (DC Dependente)



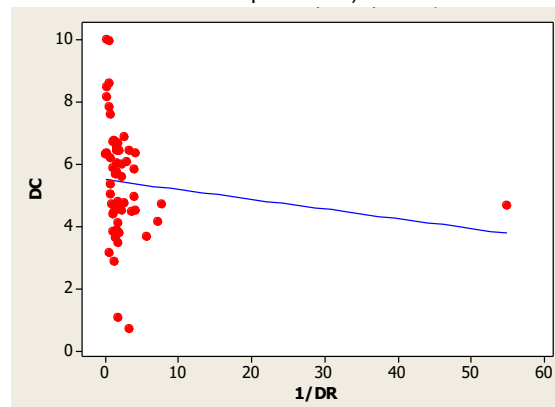
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.21 – Gráfico: Modelo 3– DC-DR (DC Dependente)



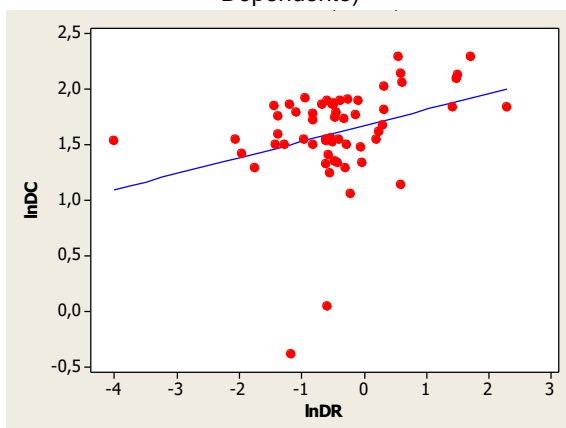
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.22 – Gráfico: Modelo 4– DC-DR (DC Dependente)



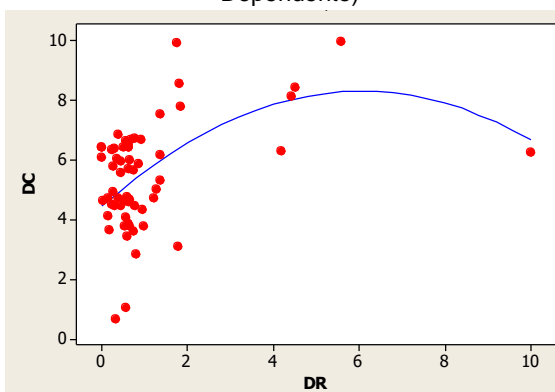
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.23 – Gráfico: Modelo 5– DC-DR (DC Dependente)



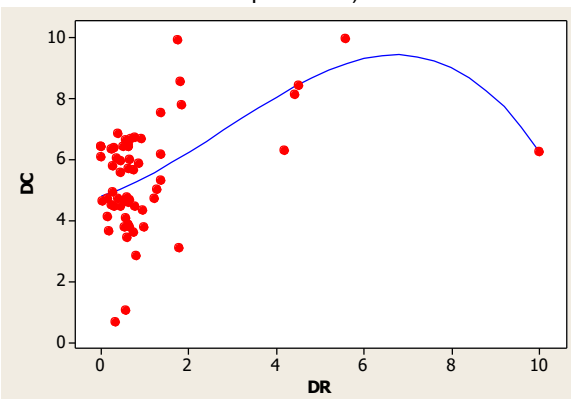
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.24 – Gráfico: Modelo 6– DC-DR (DC Dependente)



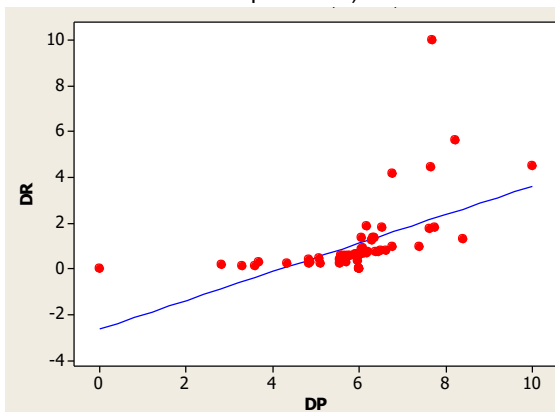
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.25 – Gráfico: Modelo 7– DC-DR (DC Dependente)



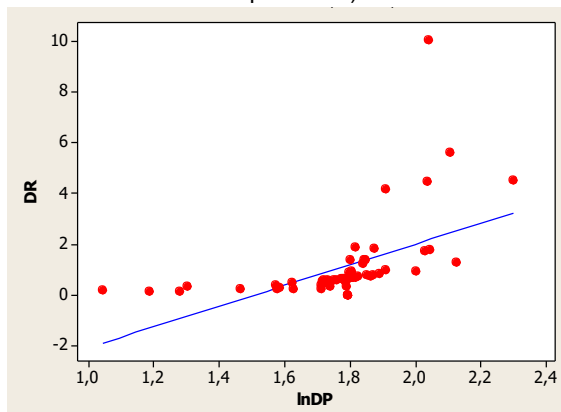
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.26 – Gráfico: Modelo 1– DR-DP (DR Dependente)



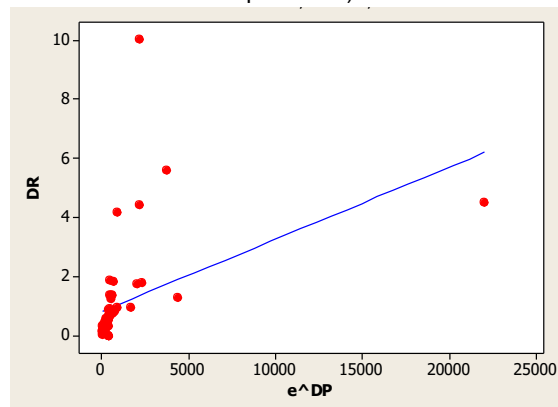
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.27 – Gráfico: Modelo 2– DR-DP (DR Dependente)



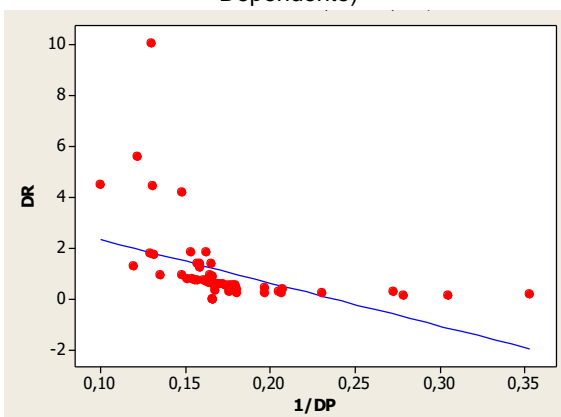
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.28 – Gráfico: Modelo 3– DR-DP (DR Dependente)



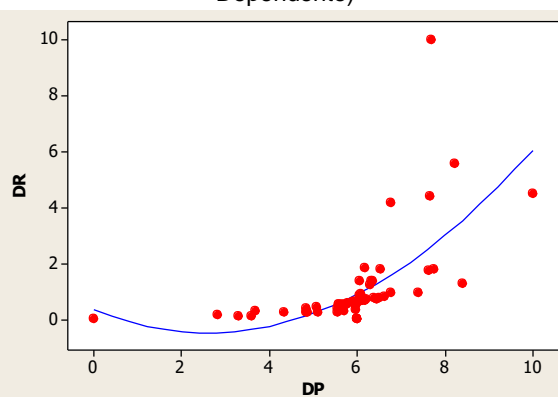
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.29 – Gráfico: Modelo 4– DR-DP (DR Dependente)



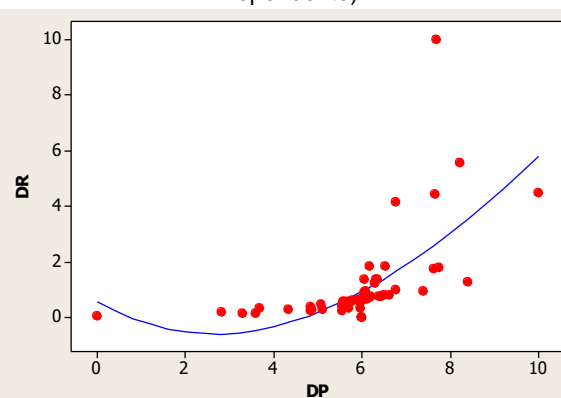
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.30 – Gráfico: Modelo 6– DR-DP (DR Dependente)



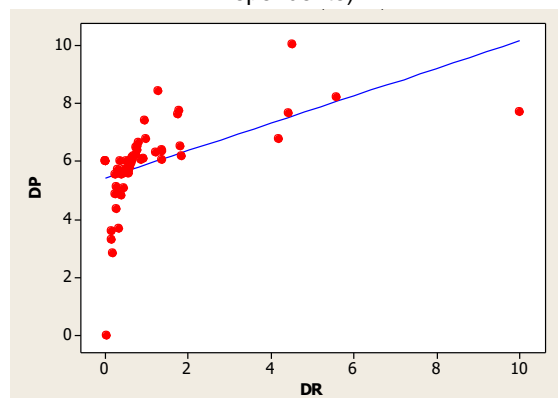
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.31 – Gráfico: Modelo 7– DR-DP (DR Dependente)



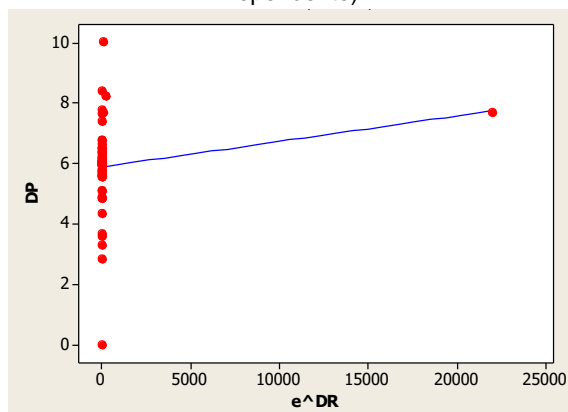
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.32 – Gráfico: Modelo 1– DP-DR (DP Dependente)



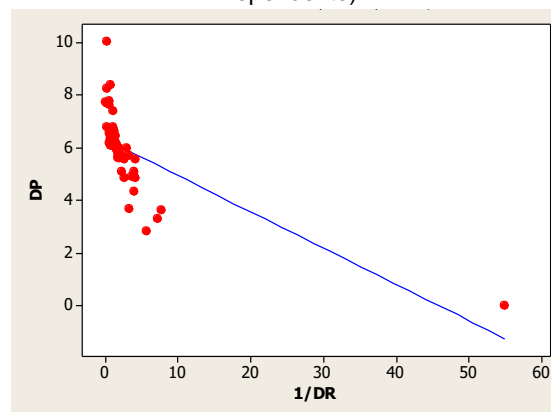
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.33 – Gráfico: Modelo 3– DP-DR (DP Dependente)



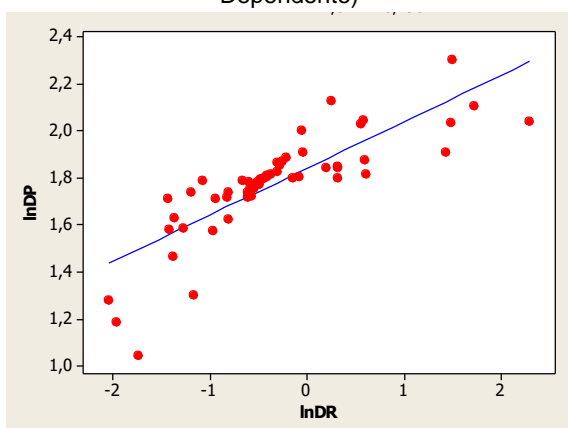
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.34 – Gráfico: Modelo 4– DP-DR (DP Dependente)



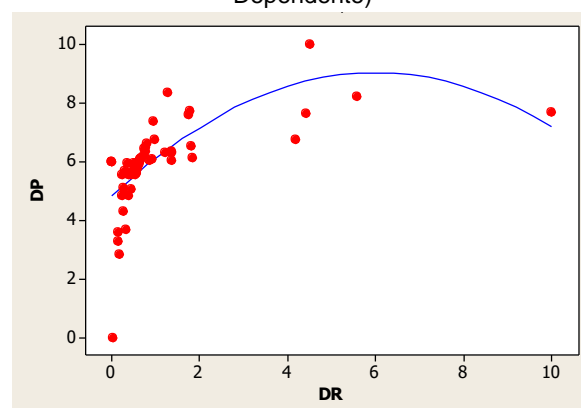
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.35 – Gráfico: Modelo 5– DP-DR (DP Dependente)



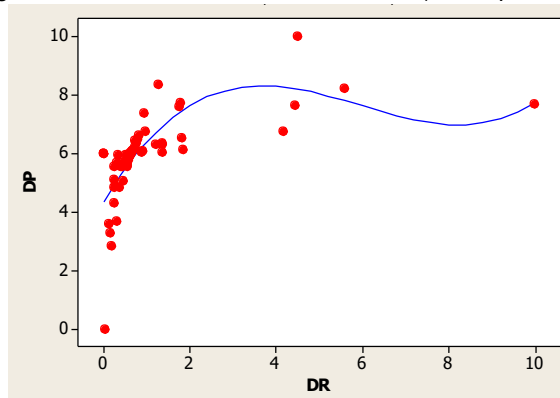
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.36 – Gráfico: Modelo 6– DP-DR (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

Figura C.37 – Gráfico: Modelo 7– DP-DR (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

## Apêndice D – Modelos Ajustados para a etapa 100%

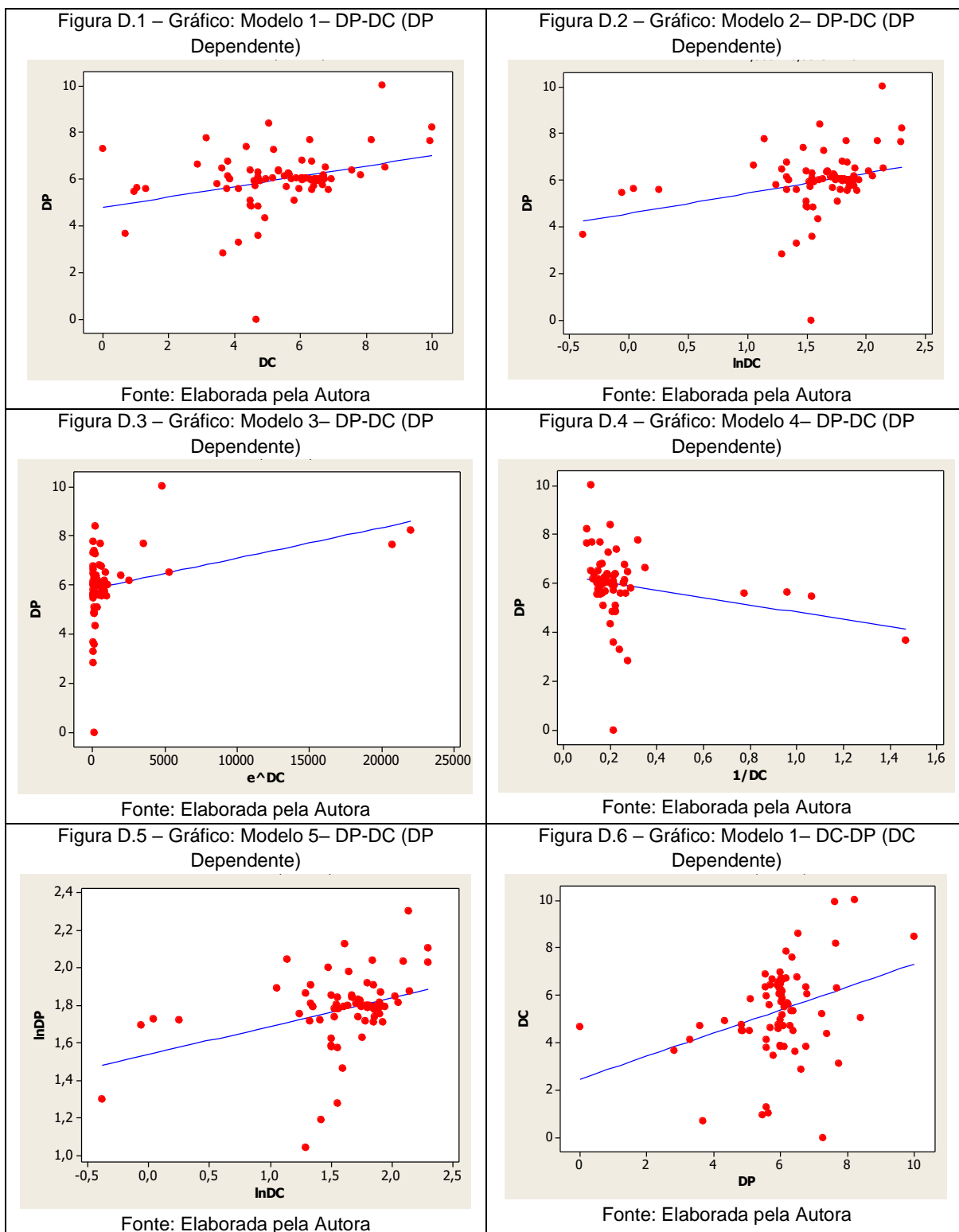
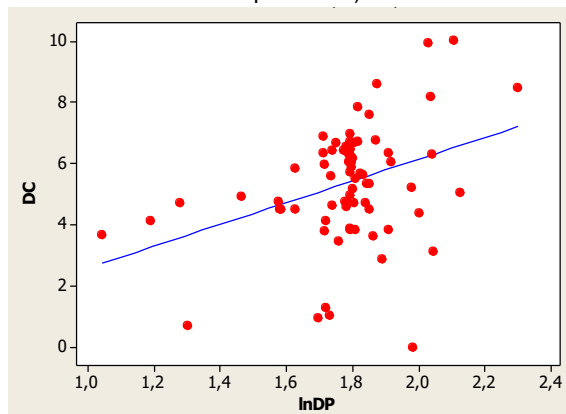


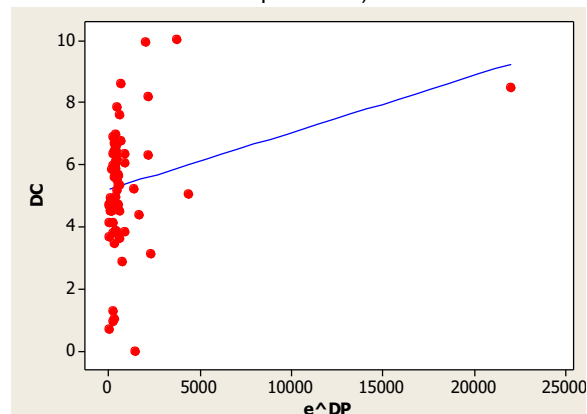


Figura D.7 – Gráfico: Modelo 2– DC-DP (DC Dependente)



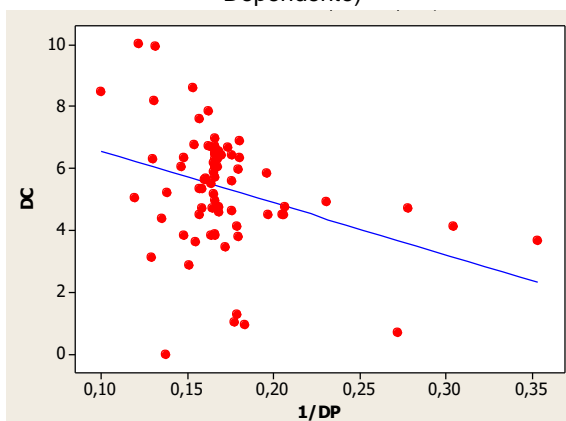
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.8 – Gráfico: Modelo 3– DC-DP (DC Dependente)



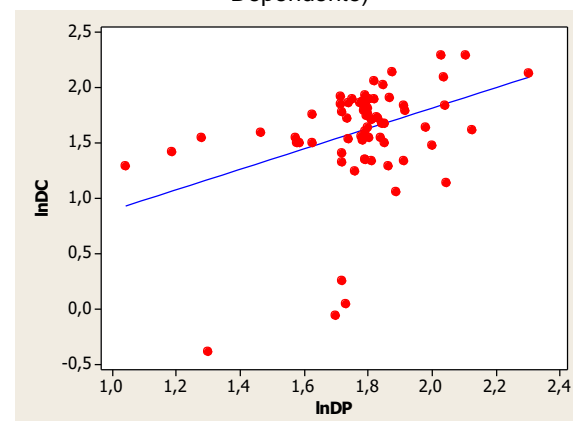
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.9 – Gráfico: Modelo 4– DC-DP (DC Dependente)



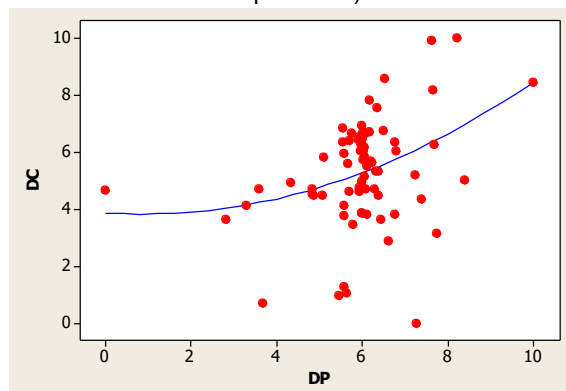
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.10 – Gráfico: Modelo 5– DC-DP (DC Dependente)



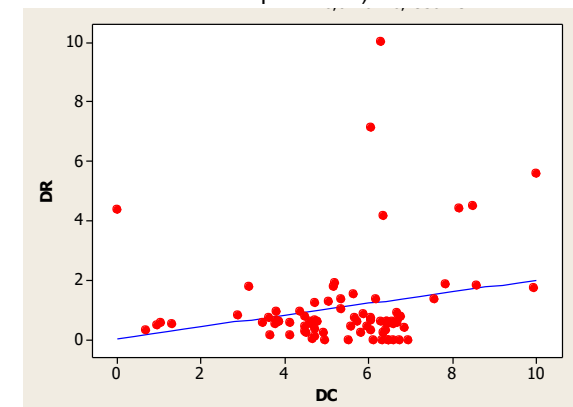
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.11 – Gráfico: Modelo 6– DC-DP (DC Dependente)



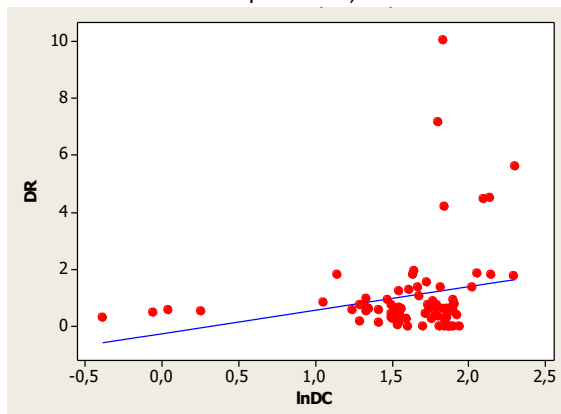
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.12 – Gráfico: Modelo 1– DR-DC (DR Dependente)



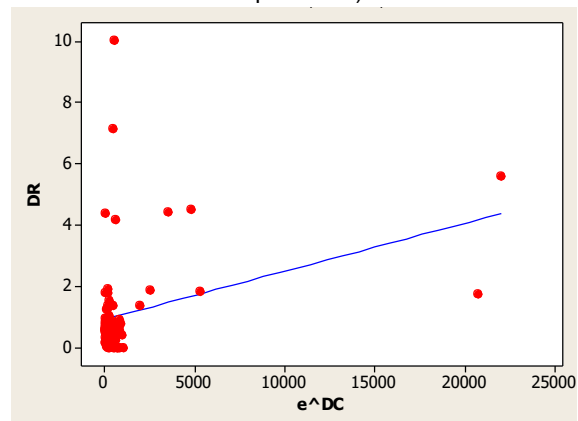
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.13 – Gráfico: Modelo 2– DR-DC (DR Dependente)



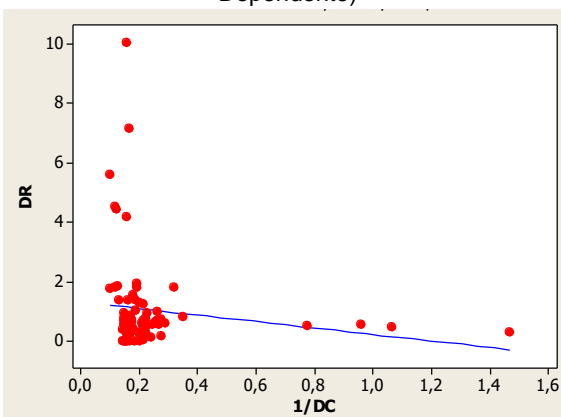
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.14 – Gráfico: Modelo 3– DR-DC (DR Dependente)



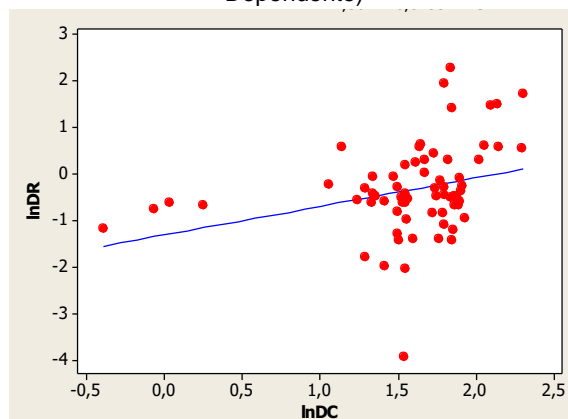
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.15 – Gráfico: Modelo 4– DR-DC (DR Dependente)



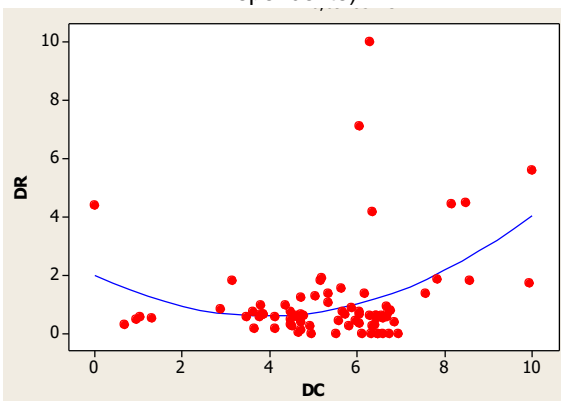
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.16 – Gráfico: Modelo 5– DR-DC (DR Dependente)



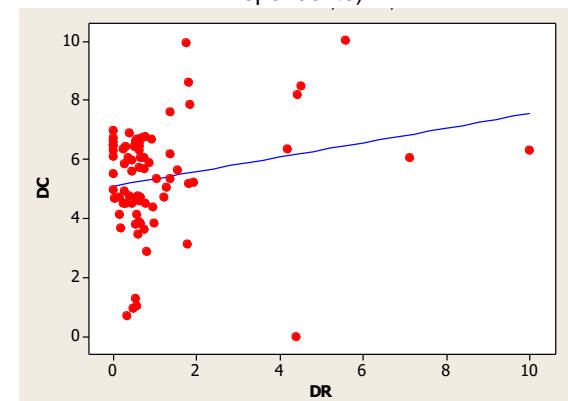
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.17 – Gráfico: Modelo 6– DR-DC (DR Dependente)



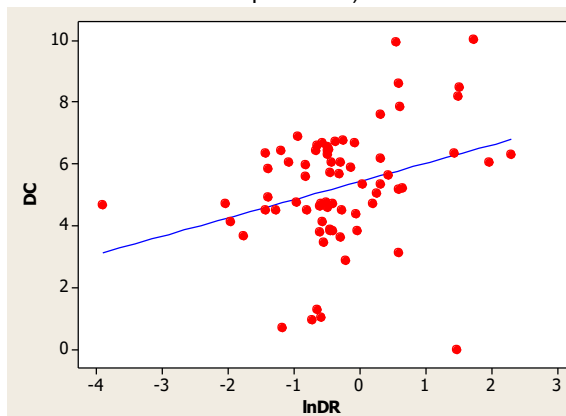
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.18 – Gráfico: Modelo 1– DC-DR (DC Dependente)



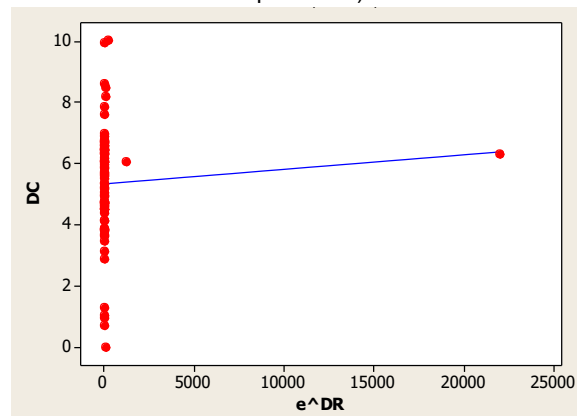
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.19 – Gráfico: Modelo 2– DC-DR (DC Dependente)



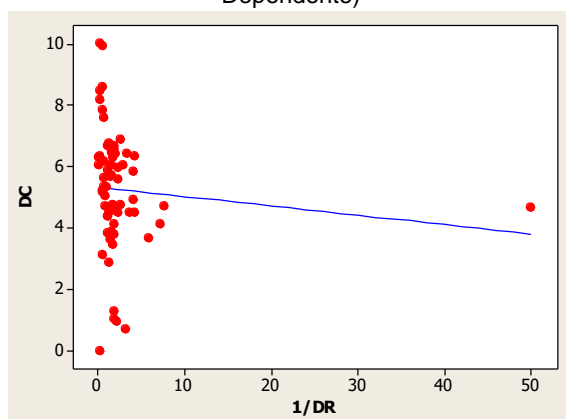
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.20 – Gráfico: Modelo 3– DC-DR (DC Dependente)



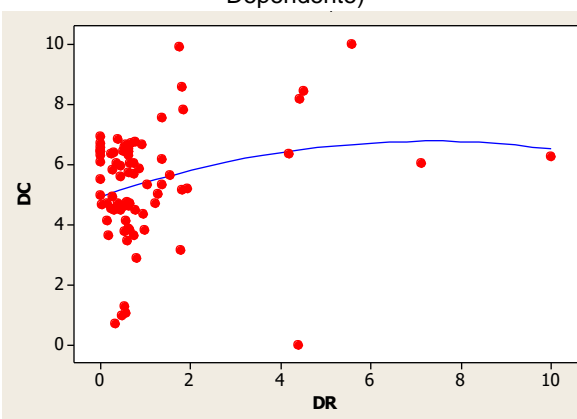
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.21 – Gráfico: Modelo 4– DC-DR (DC Dependente)



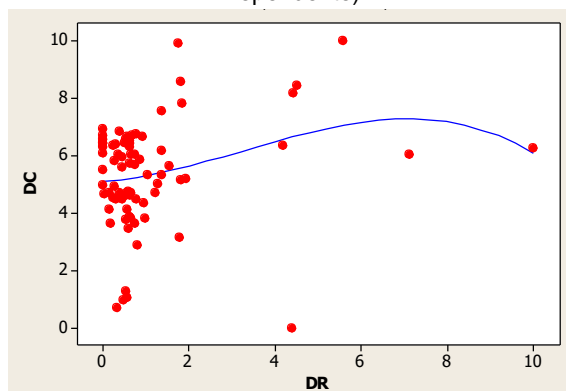
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.22 – Gráfico: Modelo 6– DC-DR (DC Dependente)



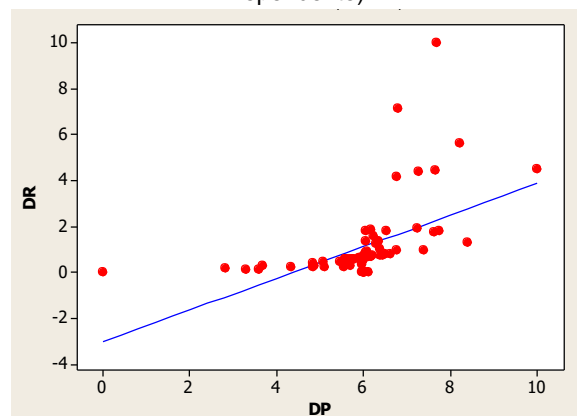
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.23 – Gráfico: Modelo 7– DC-DR (DC Dependente)



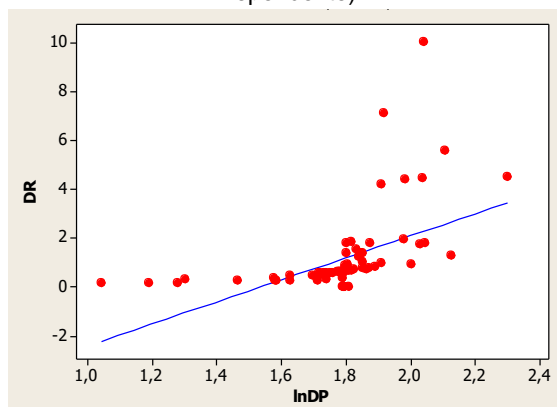
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.24 – Gráfico: Modelo 1– DR-DP (DR Dependente)



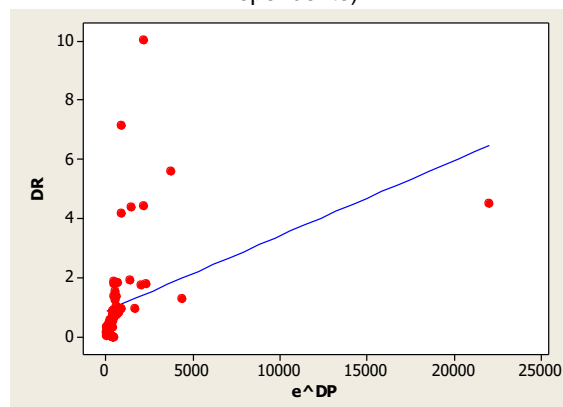
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.25 – Gráfico: Modelo 2– DR-DP (DR Dependente)



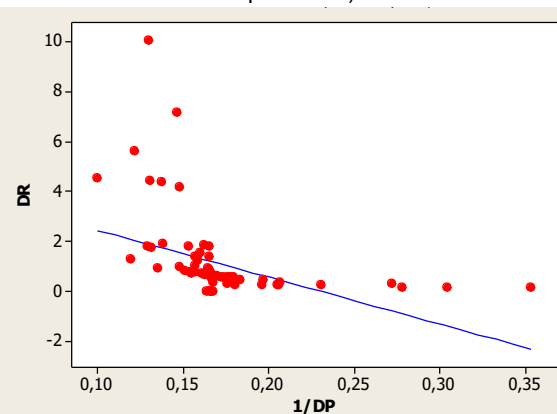
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.26 – Gráfico: Modelo 3– DR-DP (DR Dependente)



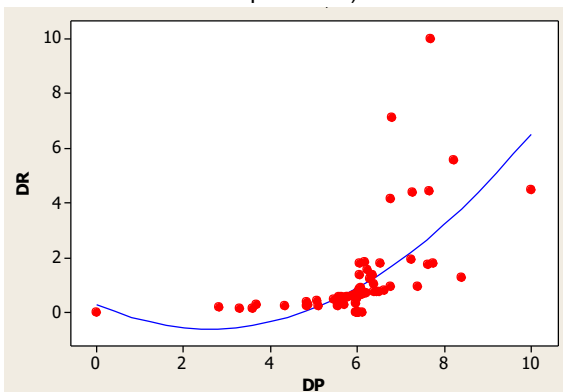
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.27 – Gráfico: Modelo 4– DR-DP (DR Dependente)



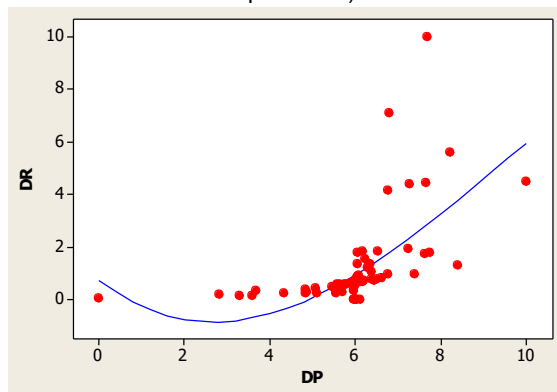
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.28 – Gráfico: Modelo 6– DR-DP (DR Dependente)



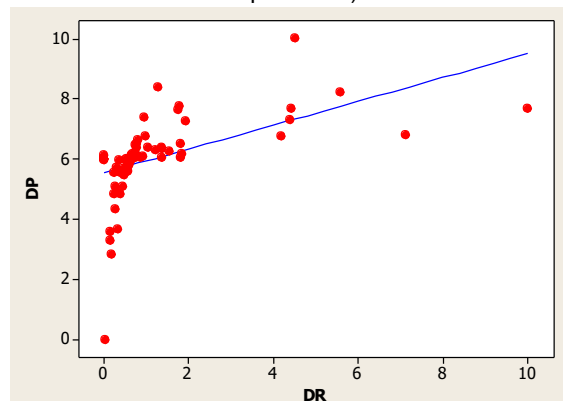
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.29 – Gráfico: Modelo 7– DR-DP (DR Dependente)



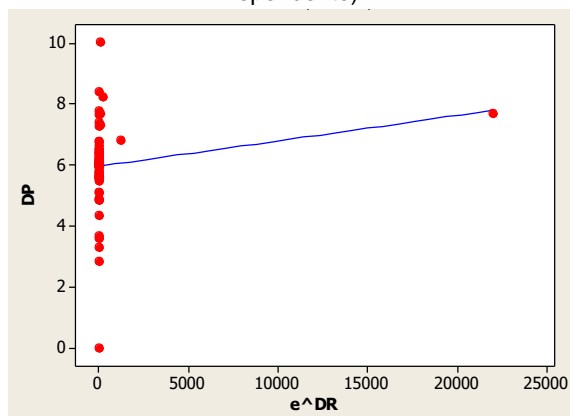
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.30 – Gráfico: Modelo 1– DP-DR (DP Dependente)



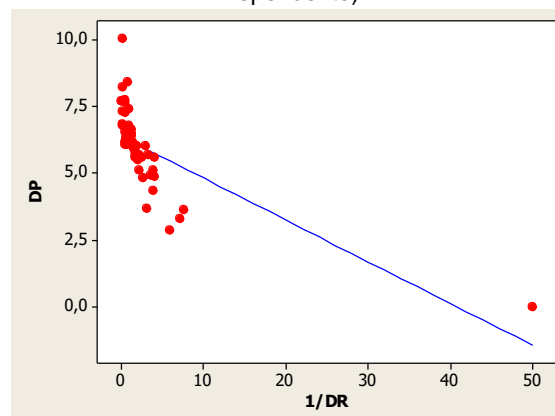
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.31 – Gráfico: Modelo 3– DP-DR (DP Dependente)



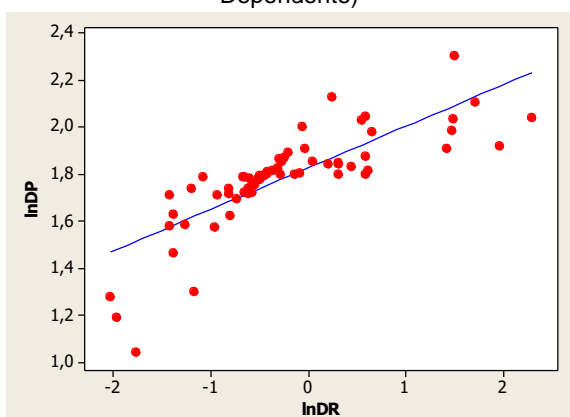
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.32 – Gráfico: Modelo 4– DP-DR (DP Dependente)



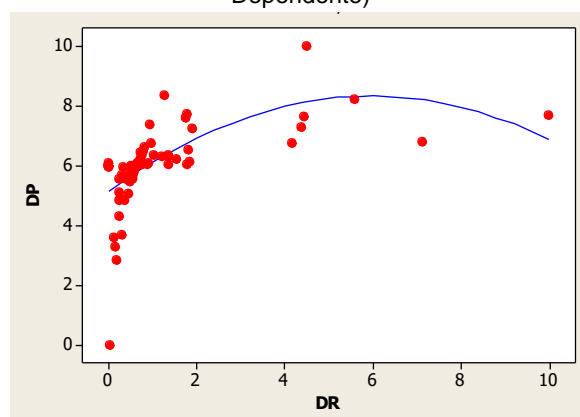
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.33 – Gráfico: Modelo 5– DP-DR (DP Dependente)



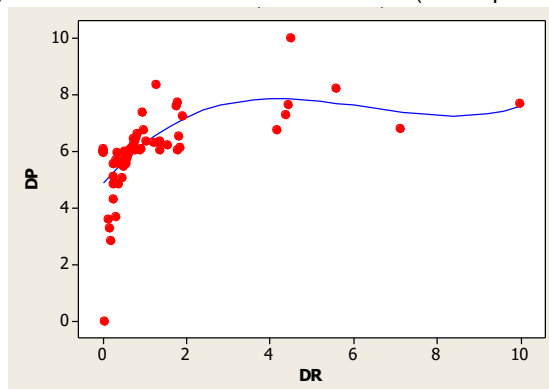
Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.34 – Gráfico: Modelo 6– DP-DR (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora

Figura D.35 – Gráfico: Modelo 7– DP-DR (DP Dependente)



Fonte: Elaborada pela Autora