



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS CURITIBA
DEPARTAMENTO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA E DE
MATERIAIS - PPGEM

VANDRÉ STEIN

ÍNDICE DE PROPORCIONALIDADE DE COBERTURA: UM FATOR PARA
PREVISIBILIDADE DAS CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE NOS TECIDOS
DE MALHA

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2013

VANDRÉ STEIN

**ÍNDICE DE PROPORCIONALIDADE DE COBERTURA: UM FATOR PARA
PREVISIBILIDADE DAS CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE NOS TECIDOS
DE MALHA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia, do Programa de Pós-Graduação em engenharia Mecânica e de Materiais, Área de Concentração em Engenharia de Manufatura, do Departamento de Pesquisa e Pós Graduação, do Campus de Curitiba, da UTFPR.

Orientador: Prof. Milton Borsato, Dr. Eng.

CURITIBA

2013

TERMO DE APROVAÇÃO

VANDRÉ STEIN

ÍNDICE DE PROPORCIONALIDADE DE COBERTURA: UM FATOR PARA PREVISIBILIDADE DAS CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE NOS TECIDOS DE MALHA

Esta Dissertação foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, área de concentração em engenharia de manufatura, e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais.

Prof. Giuseppe Pintaúde, Dr. Eng.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora

Prof.^a Carla C. Amodio Estorilio, Dr.^a.Eng.^a.
(UTFPR)

Prof. Carlos Cziulik, Ph. D.
(UTFPR)

Fernando Antônio Forcellini, Dr. Eng.
(UFSC)

Prof. Milton Borsato, Dr. Eng.
(UTFPR - Orientador)

Curitiba, 18 de abril de 2013

À Patricia, minha esposa, e ao nosso filho Vitor, pelo apoio, incentivo, inspiração e compreensão do esposo e pai ausente nesta etapa.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer inicialmente ao professor Milton Borsato por aceitar trilhar comigo uma trajetória com poucos referenciais e pela sua dedicação e paciência ao me orientar.

Aos meus amigos, que sempre compreenderam a importância do mestrado para mim.

À minha mãe e a meu pai que sempre me incentivaram a alcançar caminhos cada vez mais distantes.

Agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão de mais esta etapa na minha vida.

RESUMO

STEIN, Vandr .  ndice de proporcionalidade de cobertura: um fator para previsibilidade das características da qualidade nos tecidos de malha. 2013. 139f. Disserta o (Mestrado em Engenharia) – Programa de P s-gradua o em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Os tecidos de malha, principalmente os que são compostos com um percentual de algodão, apresentam algumas características tais como absor o de umidade, flexibilidade e toque agradável. Estas características têm sua origem no processo de fabrica o do setor de malharia. Porém, em contraste com estas excelentes propriedades, um dos principais problemas nas roupas produzidas com estes tecidos de malha   a instabilidade dimensional. Este problema   hoje uma das maiores ameaças ao incremento do uso de tecidos de algodão para confec o de roupas externas. A literatura apresenta uma métrica, conhecida como fator de cobertura (FC), que   o resultado da combina o de duas variáveis fundamentais na malharia: título de fio e comprimento do ponto. Os estudos observados nesta pesquisa relatam a sua importância por permitir prever as características da qualidade dos tecidos de malha. Porém,   percebida a sua limita o quando aplicado em estruturas de malhas diferenciadas e inclusive em diversas malhas básicas com mais de um tipo de fio. Neste contexto, a presente disserta o tem por objetivo apresentar um novo modelo de cálculo para atender esta previsibilidade e auxiliar os profissionais envolvidos na tomada de decisão para aprova o ou reprova o nos desenvolvimentos dos tecidos de malha. Desta forma, foi realizado um estudo que buscou corrigir e ampliar a abrangência deste cálculo. Na revisão bibliográfica verificaram-se todas as variáveis que influenciam no processo físico/mecânico de fabrica o dos diversos tipos de estruturas dos tecidos de malha, como também foram analisados os principais estudos nos quais este fator de cobertura foi aplicado. Um levantamento diagnóstico realizado em diversas empresas apontou a situa o atual em termos de conhecimento, aplica o e necessidade do FC no processo de desenvolvimento dos tecidos de malha. Após verifica o dos aspectos levantados a respeito do FC, confrontando as pesquisas de campo e bibliográfica, buscou-se uma soluço para reduzir o elevado  ndice de insucessos e atrasos no lançamento de novos produtos. Desta forma, através do estudo das variáveis e da inclusão de todos os fios e regulagens envolvidas na estrutura da malha, concebeu-se um novo cálculo para o grau de cobertura da malha baseado no fator de cobertura de Grosberg. Posteriormente, foi elaborada uma ferramenta computacional aplicada em planilha eletrônica onde o cálculo   conduzido automaticamente após inser o dos dados necessários. Em seguida, foi elaborado um estudo comparativo entre o FC e o  ndice de proporcionalidade de cobertura (IPC) novo cálculo para testar a operacionalidade e a funcionalidade dos mesmos e da ferramenta proposta. Todos os participantes responderam um questionário referente às percep es sobre o modelo e a ferramenta. Por fim, a valida o do IPC ocorreu por meio de análise de alguns tecidos de malha com o objetivo de investigar se os valores gerados no cálculo refletem a realidade dos resultados da qualidade obtidos na empresa. O resultado deste estudo indicou que o modelo de cálculo proposto apresenta maior confiabilidade, representatividade e assertividade no desenvolvimento dos novos tecidos de malha. Com isto, pode-se afirmar que os objetivos da disserta o foram atendidos e positivos.

Palavras-chave: malharia; fator de cobertura; tecidos de malha; características da qualidade.

ABSTRACT

STEIN, Vandré. An application study of the covering factor to predictability of the quality characteristics of the jersey fabric. 2013. 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

The jersey fabric, mostly those are compounded of a cotton percentage, they present some characteristics, such as humidity absorption, flexibility and soft surface. These characteristics have their origins in the knitting production sector in the production process. However, the contrast with these properties, one of the main problems with the clothes made with these jersey fabrics is the dimensional instability. This Problem is today one of the biggest threat on the increase about the cotton fabric using to the manufactory of external clothes. The literature shows us a metric, known as covering factor (CF) which is the result of matching between the two fundamental varieties in the knitting: the yarn title and the sewing length. The studies observed in this research shows its importance, however, the application is just in the basic jersey fabric products or they show its concept in the research made over the fabric dimensional instability. In this context, this presentation has the objective to show the study of the application on a new covering factor calculus standard to predict the jersey fabric quality characteristics. This pattern has the objective of helping in the approving or reproving decision about the jersey fabric developments, correlating this factor with the quality characteristics like the width, length, thickness, weight by area, sewing density, resistance, and elasticity. This way was made a study about to correct and enhance this calculus. In the bibliographic revision it was checked all the varieties that had influence in the physic/mechanic process in the manufacturing of the many jersey fabric structures as were analyzed the most important studies as which ones this covering factor was applied. A diagnostic inventory was made in many companies and showed that the currently situation about knowledge application and necessity of the covering factor in the jersey fabric development process. After checking the aspects about the CF comparing the field researches and bibliographic, a solution was searched to reduce the high level failing indexes and the new products delays. In This way a new calculus was conceived for the knitting covering factor based on the Grosberg's covering factor. After this, was elaborated a computer tool applied on an electronic table where the entire calculus is done automatically after input the necessary data. After this, was elaborated a calculus comparative study between the CF and the proportion covering index (PCI) to test the operability and the functionality of the model and the tool proposed. All the participants answered a quiz referring to the perceptions about the model and the tool. Finally, PCI validity occurred about the analyzes from some jersey fabrics with the objective of investigating if the results generated on the calculus reflected the reality of the quality results obtained at the company. The result of this study indicated that the model of the calculus proposed showed a bigger liability, representatively, and accuracy in the developing of the new jersey fabrics. With this we can confirm that the objectives of this dissertation were reached and positives.

Keywords : knitting, covering factor, jersey fabric, quality characteristics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Fluxograma da Estrutura Produtiva da Cadeia Têxtil e de Confecções ¹	26
Figura 2.2 – Classificação Geral das Fibras Têxteis	28
Figura 2.3 – Fio Retorcido em Dois Cabos	31
Figura 2.4 – Fio Singelo (esquerda), Dois Cabos (centro) e Quatro Cabos (direita)	32
Figura 2.5 – Representação da Malha por Trama.....	37
Figura 2.6 – Tipos de Laçadas.....	38
Figura 2.7 – Fronturas: Monofrontura (esquerda) e Dupla Frontura (direita).....	39
Figura 2.8 – Meia-Malha Lado Direito (esquerda) e Lado Avesso (direita).....	39
Figura 2.9 – Posição das Agulhas para os Tecidos Interloque e Ribana.....	40
Figura 2.10 – Estruturas de Malhas em Rib e Disposição das Agulhas	41
Figura 2.11 – Estrutura de Malha em Interloque e Disposição das Agulhas	42
Figura 2.12 – Equipamento e Representação da Malha por Urdume.....	42
Figura 2.13 – Tear Circular de Malharia por Trama	44
Figura 2.14 – Representação Gráfica de Tecidos	45
Figura 2.15 – Representação da Malha Unitária	47
Figura 2.16 – Representação dos Pontos de Ligação	47
Figura 2.17 – Representação do Dorso da Malha.....	48
Figura 2.18 – Representação da Face da Malha	48
Figura 2.19 – Representação das Carreiras e Colunas	49
Figura 2.20 – Tipos de Laçadas.....	49
Figura 2.21 – Estrutura de Meia Malha.....	51
Figura 2.22 – Estruturas do <i>Piquê</i>	52

Figura 2.23 – Estrutura do Moletom 3x1	52
Figura 2.24 – Estrutura do Listrado Horizontal.....	53
Figura 2.25 – Estrutura do Listrado Vertical.....	53
Figura 2.26 – Estrutura do Xadrez	54
Figura 2.27 – Estrutura do <i>Gaufré</i>	55
Figura 2.28 – Estrutura do <i>Rib</i> 1x1	57
Figura 2.29 – Estrutura do Interlock.....	57
Figura 2.30 – Estrutura do Dupla Face 1	58
Figura 2.31 – Estrutura do Dupla Face 2.....	59
Figura 2.32 – Estrutura do Ponto de Roma	59
Figura 2.33 – Estrutura do Gorgurão Horizontal.....	60
Figura 2.34 – Estrutura do Piquê Francês	60
Figura 2.35 – Estrutura do Piquê Suíço.....	61
Figura 2.36 – Estrutura do <i>Thermal</i>	61
Figura 2.37 – Estrutura do <i>Rib Perlé</i>	62
Figura 2.38 – Estrutura do Eightlock	62
Figura 2.39 – Formação da Laçada – Comprimento do Ponto.....	65
Figura 2.40 – Desmalhar a Malha Manualmente	66
Figura 2.41 – Cobertura de Uma Malha.....	75
Figura 4.1 – Cobertura de uma Estrutura de Malha	98
Figura 4.2 – Aparelhos para Medir Consumo de Fio por Volta.....	99
Figura 4.3 – Fluxograma para Cálculo do IPC.....	105
Figura 4.4 – Estrutura de Piquê Lacoste Simples.....	106
Figura 4.5 – Ferramenta para Cálculo do IPC.....	113
Figura 4.6 – Registro da Malha	114

Figura 4.7 – Registro dos Títulos dos Fios.....	115
Figura 4.8 – Registro do Comprimento do Ponto.....	115
Figura 4.9 – Registro do Número de Agulhas	116
Figura 4.10 – Registro do Número de Alimentadores.....	116
Figura 4.11 – Etapas do Experimento	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Sistemas de Titulação de Fios	34
Tabela 2.2 – Conversão dos Sistemas de Titulação dos Fios	34
Tabela 3.1 – Parâmetros e Características dos Tecidos de Malha.....	87
Tabela 3.2 – Tipos de Teares.....	87
Tabela 4.1 – Análise do Número de Agulhas em Operação no Raporte.....	98
Tabela 4.2 – Comprimento de Ponto para Moletom e Grauffé.....	100
Tabela 4.3 – Dados do Experimento com o Modelo IPC.....	119
Tabela 4.4 – Dados do Estudo Comparativo entre o FC e o IPC	121

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AATCC	<i>American Association of Textile Chemists and Colorists</i> (Associação Americana de Químicos e Coloristas Têxteis)
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABIT	Associação Brasileira das Indústrias Têxteis e de Confecção
AD	Alteração Dimensional
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Projeto Auxiliado por Computador)
CETIQT	Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil
CP	Comprimento do Ponto
DCM	Desenvolvimento Conceitual de Malha
DP	Desenvolvimento de Produto
FC	Fator de Cobertura
IEMI	Instituto de Estudos e Marketing Industrial
ITMF	<i>International Textile Manufacturers Federation</i> (Federação Internacional da Indústria Têxtil)
IPC	Índice de Proporcionalidade de Cobertura
MIB	Modelagem Industrial Brasileira
LFA	<i>Langueur de Fil Absorbée</i> (Comprimento de Fio Absorvido)
SEBRAE	Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produto
PIB	Produto Interno Bruto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo Geral	19
1.1.2 Objetivos Específicos.....	19
1.2 JUSTIFICATIVA	20
1.3 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	21
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA TÊXTIL BRASILEIRA	23
2.2 CADEIA TÊXTIL	25
2.2.1 Setor de Fiação	28
2.2.2 Setor da Malharia.....	35
2.2.3 Setor de Beneficiamento Têxtil	62
2.3 ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE TECIDO DE MALHA	64
2.3.1 Parâmetros de Tecimento dos Tecidos de Malha.....	65
2.3.2 Estabilidade Dimensional	71
2.4 A APLICAÇÃO DO FATOR DE COBERTURA NA MALHARIA	72
2.4.1 O Uso do Fator de Cobertura – Aplicação em Estudos Têxteis.....	73
2.4.2 Modelo de Fator de Cobertura para Tecidos de Malha	75
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS	80
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	80
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	81
3.2.1 Entrega 1 - Revisão Bibliográfica	82
3.2.2 Entrega 2 – Levantamento Diagnóstico	82
3.2.3 Entrega 3 – Relação de Tecidos de Malha Básicos e Diferenciados	85
3.2.4 Entrega 4 – Modelo IPC e as Variáveis Diretas e Indiretas	85
3.2.5 Entrega 5 – Ferramenta, Experimento e Validação do IPC	85
4. RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	89
4.1 LEVANTAMENTO DIAGNÓSTICO	89
4.2 DA ENTREGA 4 - MODELO IPC E SUAS VARIÁVEIS	94
4.2.1 Variáveis do modelo	94
4.2.2 Etapas para o cálculo do IPC	104

4.3 FERRAMENTA, EXPERIMENTO E VALIDAÇÃO DO IPC	113
4.3.1 Ferramenta	113
4.3.2 Estudo experimental do modelo IPC	117
4.3.3 Validação do IPC.....	120
4.4 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS	122
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	124
5.1 CONCLUSÃO	124
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	126
REFERÊNCIAS.....	129
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO APLICADO PARA O LEVANTAMENTO DIAGNÓSTICO.....	134
APÊNDICE B - FORMULÁRIO APLICADO NO EXPERIMENTO DO MODELO IPC.....	138

1. INTRODUÇÃO

A globalização proporciona muitas oportunidades de negócios. Sendo assim, cada vez mais ela exige que as empresas desenvolvam sua capacidade de inovação e rapidez no lançamento de novos produtos. Essa mesma regra serve também para as empresas que estão no ciclo produtivo da cadeia têxtil.

Com a queda das barreiras de mercado, a partir de 1990, o sistema produtivo subitamente entrou em um processo de modernização. Os países asiáticos, que se modernizaram rapidamente, aparecem, junto com os Estados Unidos, entre os maiores produtores e exportadores mundiais. Esses dois grupos tornaram-se a grande ameaça para a indústria têxtil brasileira, que estava desatualizada e oferecia produtos caríssimos ao mercado.

Atualmente o setor têxtil ainda passa por reestruturações, aliando a modernização do parque de máquinas com novas técnicas de gestão industrial. Em busca dessa reorganização de suas fronteiras, percebe-se um aprimoramento das capacitações dessas empresas, em virtude da forte competição e da crescente demanda por inovação nos mercados globais. Isto é, as empresas estão buscando reduzir os custos e aumentar a flexibilidade, visto que os parceiros de negócio estão forçando relacionamentos ao longo da cadeia de suprimentos, procurando, dessa forma, concentrar recursos em suas próprias competências essenciais (VERNALHA e PIRES, 2005).

A inovação de processo representa capacidade de modernização da planta que amplia a capacidade de fornecer produtos padronizados. Ao mesmo tempo, a tendência em inovar em produto significa capacidade em diferenciar e segmentar o mercado com base na inovação de produto. Schumpeter (1982) teoriza que a concorrência centraliza-se na inovação e esta provoca um processo de destruição criativa, na qual velhas estruturas são substituídas por novas, conduzindo a economia a níveis mais elevados de renda e presumivelmente de bem-estar social.

A busca constante de inovação caracteriza o contexto atual das indústrias têxteis, onde a garantia de baixo custo, o atendimento da qualidade exigida e a entrega ágil não são mais vantagens competitivas, mas sim requisitos essenciais para o sucesso do negócio (OLIVEIRA, 2007).

O setor têxtil representa importante gerador de renda e empregos. Segundo a ABIT (2010), em seu caderno de publicação do balanço de 2010 e perspectivas para 2011, foi

divulgada uma estatística que revela a importância do setor têxtil e confecção no Brasil. Atualmente, esse setor representa 5,5% do PIB da indústria de transformação; possui aproximadamente 30 mil empresas, com mais de 1,7 milhão de empregos diretos; já é o 2º maior empregador nacional da indústria de transformação; 2º maior produtor mundial de malha e o 5º maior parque têxtil do mundo. Nesse contexto, com uma importância dentro do mercado produtivo, a indústria têxtil brasileira também busca se destacar para ampliar sua competitividade, principalmente, com a entrada dos produtos asiáticos no país.

O setor têxtil no Brasil precisa evoluir a todo instante na área de desenvolvimento de produtos, pois convive com a concorrência dos produtos asiáticos. Logo, uma das formas encontradas para as empresas se manterem competitivas no mercado é buscar um segmento de produtos com maior valor agregado. Oliveira (2007) julga extremamente importante a atitude da indústria têxtil brasileira em desenvolver e promover suas marcas através de produtos de alto valor agregado, buscando essa diferenciação com a qualidade e a inovação.

Para Juran e Gryna (1991), um produto deve ser projetado e desenvolvido visando sempre à satisfação do cliente. As características desejadas são fornecidas pelos clientes nas fases de projeto e desenvolvimento, e no processo de fabricação são criadas condições para que o produto atenda aos anseios do consumidor, inclusive em termos de adequação do preço.

Alguns métodos e processos existentes para auxiliar no desenvolvimento apresentam uma sequência estruturada de atividades que devem ser realizadas, de forma que cada etapa ou fase passe a suprir a próxima com informações. Geralmente, esse processo inicia-se com poucas informações, sendo que a cada nova etapa concluída são acrescentadas outras informações e outros dados que buscam auxiliar nas tomadas de decisão. Com essa estrutura linear é possível que as equipes trabalhem com disciplina e uma melhor visão do projeto a ser executado (FONTENELLE, 2004).

Para garantir o atendimento das necessidades dos clientes e diminuir o grande desperdício de amostras desenvolvidas por não conformidade com as especificações, essas empresas buscam se orientar em casos de boas práticas de gestão de desenvolvimento de produto. Porém, as empresas do ramo têxtil ainda recorrem à experiência de técnicos desenvolvedores, onde o retrabalho é constante e pautado na tentativa e no erro, gerando atrasos no cronograma para o lançamento dos produtos (RODRIGUES; CZIULIK, 2011).

Por muitos anos os tecidos de malha de algodão foram aplicados para as roupas íntimas (interior) devido às características de absorção de umidade, flexibilidade e fácil acomodação às formas do corpo. Esse produto também apresenta muitas vantagens para o vestuário exterior, sendo que os consumidores passaram a buscar conforto e qualidade. O

algodão é a fibra mais consumida pela indústria têxtil devido ao fato de que confere mais conforto e toque agradável ao vestir. Quando essas propriedades aliam-se às propriedades dos tecidos de malha, obtém-se o que há de ideal para a pele (CHEREM, 2004).

Em contraste a essas excelentes propriedades, os tecidos de malha que possuem o algodão em sua composição possuem uma péssima estabilidade dimensional. Ou seja, podem sofrer alterações dimensionais no comprimento e/ou na largura após os processos de fabricação do tecido e do artigo confeccionado. A falta de estabilidade dimensional ocorre de duas formas: sob a forma de alongamento (estiramento) ou sob a forma de encolhimento. Segundo Neves (2000), um tratamento de relaxamento tende a recuperar as deformações introduzidas anteriormente e o tecido de malha atinge um estado de equilíbrio a que se pode chamar “estado relaxado” ou então “estado de referência”.

Com as afirmações acima, fica evidenciado que apesar das pessoas buscarem o conforto da “segunda pele”, estes mesmos consumidores querem uma melhoria do desempenho técnico dos tecidos. Cada vez menos as pessoas do mundo moderno dispõem de tempo para lavar, secar, passar ou ter cuidados extras com suas roupas. A versatilidade e a praticidade já são fatores determinantes na escolha do guarda-roupa.

A construção de tecidos envolve a conversão de fios, e muitas vezes fibras, em tecidos com características determinadas pelos materiais, equipamentos e métodos empregados. A maioria dos tecidos é atualmente produzida por alguns métodos de entrelaçamento, como a tecelagem ou malharia. A malharia consiste na etapa em que os tecidos de malha são resultantes de processos técnicos de laçadas de um só fio ou de um agrupamento de fios que se movem em uma única direção, entrelaçando-se (RODRIGUES; CZIULIK, 2011).

Chama-se de malha por trama todo tecido produzido por processos de fabricação nos quais pelo menos um fio de trama é transformado em malha, ou seja, os fios correm horizontalmente, lado a lado, ao longo da largura do tecido. O tecido de malha é formado através dos movimentos das agulhas para fazerem laçadas em curso horizontal construídas umas sobre as outras. Todas as malhas num curso são feitas por um único fio. Portanto, a laçada é o elemento fundamental de um tecido de malha, normalmente formada por flexão do fio (CHEREM, 2004).

A malharia é o principal processo de manufatura responsável pelas características e pela qualidade dos tecidos de malha produzidos. Segundo Neves (2000), é importante compreender que nas malhas é a malharia, e não o beneficiamento, que em grande parte determina o seu comportamento final.

Os estudos observados até o momento, em sua maioria, apresentam os fundamentos da teoria da estabilidade dimensional dos tecidos. Para Cherem, Souza e Souza (2005), a estabilidade dimensional é o atributo do tecido que mantém suas dimensões na fabricação, sem modificar com o uso. Assim, a alteração dimensional ocorre quando o tecido não mantém as dimensões iniciais de fabricação, reduzindo a qualidade do produto e inibindo o processo industrial com medidas padronizadas.

No estudo de Herath e Kang (2008) sobre a estabilidade dimensional, o fator de cobertura foi utilizado no comparativo entre dois tecidos de malha. Nesse estudo foi possível observar que o fator de cobertura, em função do comprimento de ponto e do título do fio utilizado, tem influência na densidade do tecido de malha. Logo, esse estudo também apresenta a importância de considerar o fator de cobertura no desenvolvimento de malhas.

No tecido de malha, mesmo sendo produzido com fibras instáveis (exemplo: algodão), é possível, através do controle de qualidade da cadeia produtiva, do fio à peça acabada, evitar alterações dimensionais que comprometam a qualidade do produto. Sendo assim, de acordo com Schaefer e Oliveira (2011) em sua pesquisa de campo (visita técnica) e bibliográfica, percebeu-se que esse problema está ligado às variantes de malharia (tipo de fibra, titulação do fio, comprimento do ponto e tear) e de beneficiamento (processo de acabamento e tingimento).

Partindo da hipótese de que os tecidos de malha de algodão só sofrem alterações dimensionais através das variáveis de beneficiamento e malharia, Cherem (2004) afirma que as alterações desses tecidos podem ser previsíveis e controladas. Neste caso, este controle das alterações dimensionais está sendo referido mesmo que haja às variações normais e permitidas que pudessem sofrer os tecidos de malha conforme as normas técnicas. Esse tema, ainda pouco explorado por livros e trabalhos científicos, deixa em aberto questões como a possibilidade de padronização e previsibilidade da alteração dimensional de muitos tecidos com essa característica, dificultando, nesse caso, seu uso para a produção de peças em escala industrial, com medidas padronizadas e qualidade garantida.

No intuito de contribuir para uma melhor compreensão da aplicação do fator de cobertura em diversos tipos de tecidos de malha, para explicar como obter na prática a estabilidade dimensional dos tecidos de malha em algodão, torna-se necessário considerar em termos gerais: as diferentes estruturas, as dimensões, as propriedades dos fios e dos tecidos e os parâmetros matemáticos que influenciam no comportamento dos tecidos de malha.

Nesse contexto, o fato de existir um parâmetro fundamental, o fator de cobertura, não extingue a lacuna deixada pelos estudos acima citados. Esses estudos utilizam o fator de

cobertura somente em tecidos de malha classificados como básicos. A classificação dos tecidos de malha é dificultada devido à grande variedade de estruturas existentes. Segundo Aquino (2008), no campo da malharia por trama encontram-se três estruturas que são a base para o desenvolvimento de todos os tecidos de malha, seja retilínea ou circular, seja por peça dimensionada ou em peça tubular. Essas três estruturas, em ordem de simplicidade, são: Jersey, Rib e Ponto Reverso (Links-Links).

Um maior detalhamento sobre o processo de fabricação das malhas, classificação dos tecidos, matérias-primas e equipamentos utilizados será apresentado no capítulo 2.

É evidente a importância e a influência do fator de cobertura sobre as dimensões do tecido, tais como a largura e o comprimento, a espessura, o peso/m², e outras características, como a densidade de pontos, a opacidade, a resistência, a elasticidade, o escoamento do ar.

Portanto, as perguntas a serem respondidas nesta dissertação são:

a) comprovada cientificamente sua importância, por que o fator de cobertura encontrado na literatura e em alguns estudos práticos não é utilizado ou considerado no desenvolvimento dos tecidos de malha com estruturas e composições diferenciadas para a previsão das características da qualidade?

b) como as variáveis do processo de fabricação da malharia - matéria-prima, equipamentos e regulagens de fabricação - produzem impactos e influenciam no resultado do fator de cobertura e alteram as propriedades dimensionais e a qualidade dos tecidos de malha?

c) finalmente, seria possível a um fabricante têxtil de tecidos de malha, a partir de um conjunto de elementos relacionados às variáveis do processo, conseguir definir os parâmetros relativos às dimensões do tecido (tais como gramatura, largura e espessura) e à qualidade (tais como encolhimento, espiralidade e enviezamento)?

A partir de um conjunto de dados, formulam-se correlações e desenvolve-se um cálculo matemático que permite a cada fabricante reproduzir, dentro da realidade de sua empresa, as características do tecido desejado pelo seu cliente. Esse cálculo matemático não se baseia tão somente no fio e nas regulagens de malharia, mas nos equipamentos, nos processos e nas técnicas utilizadas na malharia.

1.1 OBJETIVOS

No sentido de promover a validação das hipóteses levantadas anteriormente, este trabalho é guiado por um objetivo geral, desdobrado em um conjunto de objetivos específicos.

1.1.1 Objetivo Geral

Propor uma nova forma de cálculo do fator de cobertura a fim de permitir sua aplicação na previsão das características da qualidade dos tecidos de malha diferenciados, antes mesmo das amostras serem produzidas. Esse objetivo geral pode ser desdobrado nos objetivos específicos que seguem.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos estão atrelados ao entendimento de quais variáveis e de que forma elas afetam a estabilidade dimensional dos tecidos de malha em algodão.

Assim sendo, seguem os objetivos específicos:

a) conhecer o estado-da-arte na aplicação do fator de cobertura para a previsibilidade das características da qualidade dos tecidos de malha, aplicáveis ao segmento de malharia por trama;

b) levantar as práticas mais comuns adotadas pelas empresas do segmento de malharia circular por trama no cálculo e aplicação do fator de cobertura;

c) relacionar os tecidos de malhas diferenciados que são mais utilizados no mercado da moda, para os quais não é considerado o fator de cobertura para a previsão das características da qualidade;

d) conceber um conjunto de variáveis que permitam o desenvolvimento de um índice com maior abrangência na previsão das características da qualidade;

e) validar o fator de cobertura através de exemplificação com a sua aplicação matemática em diversos tipos de estruturas de malhas, básicas e diferenciadas.

1.2 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho origina-se na necessidade de contribuir com as atuais técnicas de desenvolvimento de tecidos de malhas em algodão existentes nas empresas têxteis brasileiras, propiciando a essas empresas maior capacidade à inovação, para não somente defenderem-se da competição global mas, principalmente, acelerar os processos de mudanças, tendo a tecnologia do conhecimento de desenvolvimento como o elemento motriz e a base para um sucesso competitivo.

Para as industriais, de maneira geral, em especial as indústrias têxteis exportadoras, a eficiência no desenvolvimento do produto é fator relevante para o seu sucesso. Nas empresas têxteis catarinenses de perfil exportador, a aplicação dos conceitos de previsão dimensional dos tecidos de malha pode levar à obtenção de desempenho produtivo superior.

A maioria das indústrias têxteis brasileiras vende para o exterior no modo *private label*, ou seja, produz conforme a especificação de terceiros. O grande desafio dessas empresas está em atender às exigências de qualidade. Em se tratando de tecido de malha, o principal elemento para se qualificar como fornecedor de artigos têxteis é o atendimento das especificações de estabilidade dimensional.

De forma resumida pode-se dizer que as principais justificativas que motivam a elaboração deste estudo são as seguintes:

a) a principal contribuição deste estudo está relacionada na ampliação do uso do fator de cobertura atualmente empregado. Dessa forma, com a adequação desse fator aumentará o número de tipos de malhas que serão contempladas a partir desse indicativo;

b) assegurar que os tecidos de malha, principalmente os produzidos em algodão, atendam os padrões da qualidade exigidos para a alteração dimensional;

c) a redução do tempo de desenvolvimento, sendo que o fator indicativo de qualidade permite ao designer de tecidos de malha prever determinadas características da qualidade antes mesmo de produzir um protótipo. Com o aumento do índice de assertividade das características há uma redução no volume de amostras a serem produzidas;

d) eliminar a necessidade de produzir amostras e com isto reduzir os custos para produção das amostras pela redução do uso de matéria-prima e comprometimento na produção dos teares, uma vez que a grande maioria das malharias não possuem teares exclusivos para protótipos, sendo necessário utilizar um tear da produção. Com essa situação, a produção muitas vezes fica comprometida, pois nem sempre o tempo programado para o desenvolvimento é o que realmente foi realizado;

e) o emprego correto do fator indicativo da qualidade também beneficiará os processos produtivos subsequentes. Com a afirmação feita anteriormente de que a malharia é o principal setor responsável pela definição das características da qualidade, presume-se que se a malharia consegue identificar e projetar o tecido de malha com as especificações mais adequadas a cada tipo de malha há grandes chances de obter, ao final do processo produtivo, um tecido de malha com a qualidade pretendida; e

f) em termos de abrangência deste estudo, pode-se dizer que está baseado em atender às indústrias têxteis da região do Vale do Itajaí e do Itapocu. Porém, a existência da lacuna na bibliografia sobre o assunto nos mostra a importância deste estudo também para todo o Brasil e, ainda, para outros países de regiões com tradição em desenvolvimento de tecidos de malha, como são os casos da Europa e da Ásia.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Como método de trabalho, esta dissertação segue uma linha de raciocínio no processo de pesquisa fundamentada no método dedutivo, o qual tem o objetivo de explicar o conteúdo das premissas, por intermédio de uma cadeia de raciocínio, até chegar a uma lógica capaz de elaborar um novo índice de qualidade.

Do ponto de vista de sua natureza, este trabalho é aplicado, pois gera conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução da questão de pesquisa levantada, ou seja, se é possível adequar o atual fator de cobertura para que seja aplicado também em estruturas de tecidos de malhas de trama diferenciadas.

Quanto à forma de abordagem, trata-se de uma pesquisa quantitativa por traduzir a hipótese de pesquisa em números, classificando-as e analisando-as.

Quanto aos seus objetivos, é uma pesquisa explicativa, pois visa a identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência do fenômeno das alterações dimensionais dos tecidos de malha.

Dada a fundamentação teórica necessária, pretende-se ainda aplicar como procedimento técnico a pesquisa experimental, selecionando-se as variáveis através do estudo da equação atual do FC, que seriam capazes de influenciar no cálculo da cobertura da malha.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos, da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução: apresenta uma contextualização da indústria têxtil no Brasil e no mundo, na manufatura de tecidos de malha. E, ainda, expõe os objetivos e a justificativa para a elaboração deste estudo.

Capítulo 2 - Fundamentação Teórica: apresenta-se a história do setor têxtil no Brasil, passando pela reestruturação que vem sofrendo, as suas novas perspectivas e as inovações tecnológicas desse setor. São abordadas questões técnicas da indústria têxtil, investigando-se principalmente as diversas estruturas básicas de tecidos de malha, para então adentrar no fator de cobertura dos tecidos de malha e suas implicações no processo de fabricação, com base na literatura e nas práticas realizadas.

Capítulo 3 - Aspectos Metodológicos: apresenta a caracterização da pesquisa e os procedimentos metodológicos compostos por entregas que devem responder aos objetivos específicos desta dissertação.

Capítulo 4 – Resultados e Análise dos Resultados: aborda todos os resultados das entregas previstas com suas respectivas análises. Aborda principalmente o desenvolvimento de um novo modelo para o cálculo do fator de cobertura, uma ferramenta de apoio para o cálculo, um estudo experimental e, por fim, a validação do modelo IPC.

Capítulo 5 – Conclusão: têm-se as conclusões desta dissertação e as recomendações para trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para dar início à análise do problema que é foco desta pesquisa, faz-se necessária uma atualização dos estudos publicados na literatura especializada sobre o tema a ser abordado.

Esse capítulo tem por objetivo apresentar os principais conceitos e as abordagens – referentes à utilização de fatores auxiliares na projeção de tecidos de malha ainda na fase desenvolvimento – que representam o referencial teórico do presente trabalho.

Inicialmente, busca-se caracterizar a indústria têxtil na qual o problema deste estudo será inserido e, na sequência, é contextualizado o tema principal. Ainda, esse capítulo busca, principalmente, destacar as fronteiras ou os limites das pesquisas em relação ao tema.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA TÊXTIL BRASILEIRA

Em um cenário internacional de alta competitividade, está inserida a quarta atividade econômica mais importante do mundo - as indústrias têxteis e de vestuário - atrás apenas da agricultura, do turismo e da informática. Essa afirmação é sustentada por Silva (2002), que informa ainda que o comércio mundial da cadeia têxtil movimenta mais de 350 bilhões de dólares/ano.

Para atualizar e evidenciar ainda mais a importância da indústria têxtil brasileira, apresenta-se um debate promovido pela ABIT (2011a) – Associação Brasileira da Indústria Têxtil –, ocorrido no dia 18 de outubro de 2011, no evento do ITMF (*International Textile Manufacturers Federation*), com o tema “A indústria têxtil e de vestuário do Brasil: seu papel nas Américas e no mundo”. Nesse debate, segundo um dos palestrantes, e presidente do BNDES, Luciano Coutinho, defendeu a qualificação dos recursos humanos do setor, estimulando uma política de desenvolvimento de produtos para a moda e uniformes profissionais. Já Fernando Pimentel, diretor superintendente da ABIT, destacou que o Brasil é um dos poucos países que contempla a produção, desde os fios até o produto acabado.

Segundo a ABIT (2010), em seu caderno de publicação do balanço de 2010 e perspectivas para 2011, foi divulgada uma estatística que revela a importância do setor têxtil e

confeção no Brasil. Atualmente, esse setor representa 5,5% do PIB da indústria de transformação; possui aproximadamente 30 mil empresas com mais de 1,7 milhão de empregos diretos; já é o 2º maior empregador nacional da indústria de transformação; 2º maior produtor mundial de malha e o 5º maior parque têxtil do mundo.

Um panorama mais específico do mercado de tecidos de malha foi apresentado pelo IEMI (Instituto de Estudos e Marketing Industrial), e divulgado no *website* da ABIT, em novembro de 2011, com referência ao ano de 2010, no qual se apresentaram os seguintes números somente para o setor de malharia (ABIT, 2011c): esse setor apresenta 2,5 mil malharias com porte industrial, incluindo as malharias de máquinas retilíneas; 113 mil empregos nas malharias; a produção de tecidos de malha alcançou 638 mil toneladas em 2010; cerca de US\$ 6,8 bilhões em valores de produção; pelo lado do consumo interno, o mercado chegou a 754 mil de toneladas em 2010, sendo que desse total, 16,0 % foram supridos por artigos importados, sendo que para 2011 pode chegar a 17,4%; a balança comercial ficou com US\$ 53 milhões exportados contra US\$ 523 milhões importados.

Destacam-se os principais pólos têxteis no Brasil: Rio Grande do Sul (Serra Gaúcha); Santa Catarina (Vale do Itajaí); São Paulo (Americana e região, Serra Negra e Águas de Lindóia); Minas Gerais (Belo Horizonte, Divinópolis, Cataguases e Juiz de Fora); Pernambuco (região de Caruaru); Paraíba (João Pessoa e Campina Grande); Rio Grande do Norte (Grande Natal) e Ceará (Grande Fortaleza, Maracanaú) (ABIT, 2011b).

Porém, apesar dos números expressivos e favoráveis apresentados em relação à atual conjuntura da indústria têxtil brasileira, é importante lembrar o passado recente vivido pelo setor. Durante muito tempo o setor têxtil brasileiro produziu em um ambiente de mercado protegido, sem concorrência de produtos importados. Isso contribuiu para que houvesse um decréscimo nos investimentos referentes à atualização e ao desenvolvimento do sistema industrial. Tais investimentos seriam até mesmo incoerentes, uma vez que, do ponto de vista estratégico e financeiro, seriam pouco lucrativos em uma economia de produção fechada, sendo até desvantajosos em face das oportunidades oferecidas por um ambiente de capital especulativo. O espírito empreendedor foi posto de lado e o aperfeiçoamento quase esquecido, a área técnica não recebia investimentos, já que o retorno financeiro era certo. Porém, as empresas viram, em um espaço muito curto de tempo, chegarem a seu mercado exclusivo produtos de procedência externa, com qualidade maior e preços bem menores.

As empresas de pequeno e médio porte foram as mais atingidas com a abertura da economia. Produtoras caracterizadas por métodos tradicionais, envolvendo intensidade de

mão-de-obra e equipamentos muitas vezes obsoletos, muitas delas não conseguiram sobreviver à turbulência dos novos tempos.

Hoje, entretanto, o setor têxtil brasileiro se encontra em recuperação depois de adotar medidas que deram início ao processo de reestruturação, com a modernização de seu parque industrial, aumento da produtividade e aplicação de novas técnicas de gestão. Apesar das incertezas passadas e do inevitável impacto da abertura de mercado sobre a produção industrial, o setor têxtil tem conseguido redescobrir seu caminho e a produtividade começa a melhorar. Assim, a indústria têxtil vem utilizando produtos derivados de polímeros, matéria-prima para a elaboração de fibras têxteis sintéticas; produtos provenientes da indústria química, auxiliares de acabamentos; matéria-prima originada do setor agrícola e pecuário, fibras naturais; equipamentos e máquinas oriundas do setor de bens de capital. Já, no mercado consumidor (compradores), seja externo ou interno, o setor têxtil tem como cliente mais expressivo as indústrias de confecção, seguidas por lojistas, atacadistas e outras indústrias de transformação, como a automobilística (BRAGA JÚNIOR; HEMAIS, 2008).

Um dos pontos fundamentais recomendados para a evolução da cadeia têxtil nacional é a necessidade de investimentos em tecnologia, direta e indiretamente, aplicados no processo produtivo. As políticas setoriais devem incluir apoio à produtividade, racionalização da indústria, pesquisa e desenvolvimento que possibilite ao setor adaptar-se às novas regras competitivas, difusão de tecnologia a pequenos produtores - com auxílio de centros de pesquisa - desenvolvimento de programas para treinamento de mão-de-obra, incluindo sua requalificação, e parceria com instituições têxteis internacionais, permitindo intercâmbio de informações. Segundo Braga Júnior e Herais (2008), uma das carências do setor têxtil brasileiro é o setor de pesquisa e desenvolvimento, com estratégias que privilegiem investimentos a longo prazo, e incentivem o intercâmbio com centros de pesquisa, institutos tecnológicos e universidades. Essa recomendação também é válida para os setores da cadeia produtiva têxtil, onde as inovações são mais expressivas.

2.2 CADEIA TÊXTIL

Para uma melhor compreensão, a cadeia produtiva têxtil pode ser dividida em cinco principais segmentos, quais sejam (SILVA, 2002):

- a. Fibras e Filamentos;
- b. Indústria Têxtil;
- c. Indústria da Confeção;
- d. Insumos Químicos; e
- e. Máquinas e Equipamentos.

As fibras e ou filamentos são os insumos básicos na fabricação dos fios para produção dos tecidos. O processo de produção desses insumos representa o primeiro elo da cadeia têxtil. Na sequência, tem-se a fiação que produz os fios que na próxima etapa serão transformados em tecidos pela tecelagem plana ou malharia. A fase seguinte é o beneficiamento, onde será realizado o tingimento e o acabamento (SANCHES, 2006). Já, os outros dois segmentos dão a sustentação necessária em termos de insumos de produção, auxiliares químicos e corantes, assim como máquinas e equipamentos para que se processe a manufatura dos bens das diversas etapas da cadeia produtiva têxtil.

A heterogeneidade é uma das especificidades da cadeia têxtil no que diz respeito às matérias-primas utilizadas, aos processos produtivos existentes, aos padrões de concorrências e às estratégias empresariais.

A Figura 2.1 apresenta de forma resumida uma estrutura clássica dos elos entre os subsetores da cadeia produtiva têxtil e de confecção, sendo que outras configurações de estruturas podem ser encontradas. Dependendo do grau de integração, na mesma indústria, pode-se ter uma, algumas ou todas as etapas de produção (JORDAN, 2004).

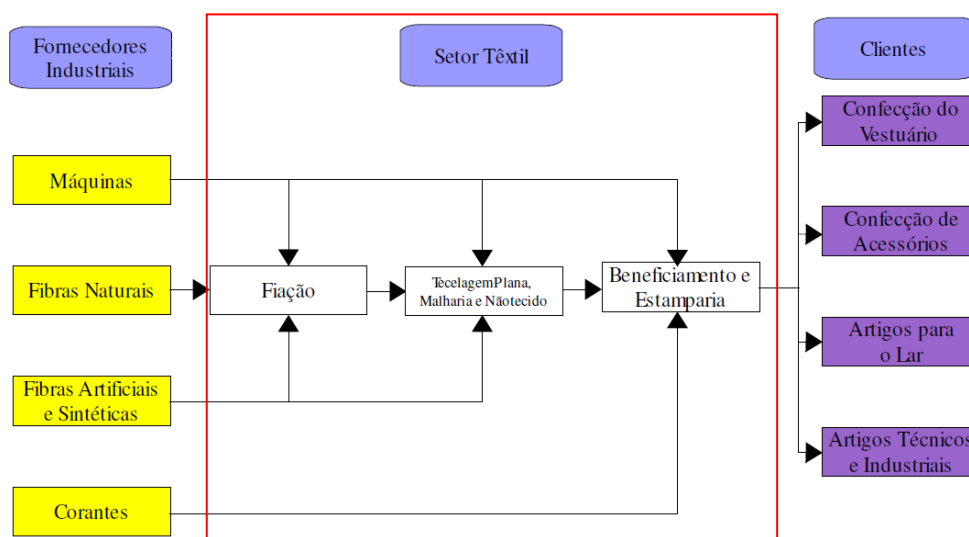


Figura 2.1 – Fluxograma da Estrutura Produtiva da Cadeia Têxtil e de Confeções¹
 Fonte: Araújo e Castro (1986-87).

¹ Todas as Figuras, Tabelas e Quadros sem identificação explícita da fonte foram produzidas pelo autor da dissertação.

Conforme ilustrado na Figura 2.1, os segmentos de máquinas e de fibras são fornecedores industriais do setor têxtil, sendo que o segmento de confecções do vestuário é o principal cliente do setor. Porém, os segmentos dedicados à produção de bens de uso doméstico, hospitalar e industrial apresentam crescente participação na absorção da produção têxtil mundial.

Embora que os segmentos ou etapas do processo se interliguem pelas características técnicas dos produtos a serem obtidos, essas etapas não precisam necessariamente ser todas internalizadas pelas empresas. Quanto ao processo produtivo, a indústria têxtil tem seu início na produção das fibras têxteis e término no processo com o acabamento dos tecidos.

As atividades produtivas do segmento têxtil são atividades interdependentes, porém com relativa independência dentro do processo produtivo, o que permite a coexistência de empresas especializadas e com diferentes graus de atualização tecnológica. O resultado de cada etapa de produção pode alimentar a etapa seguinte, independentemente de fatores como, escala e tecnologia de produção.

Dessa forma, existem indústrias têxteis que possuem somente o subsetor de fiação, atuando como fornecedor para as indústrias que atuam nos subsetores de malharia e tecelagem plana, assim como existem indústrias totalmente verticalizadas, as quais atuam em todos os subsetores produtivos têxteis como fornecedores para as indústrias de confecção e vestuário.

Terminado o processo produtivo, têm-se então os produtos, que podem chegar ao consumidor em forma de vestuário ou de artigos para o lar (cama, mesa, banho, decoração e limpeza). Além desses usos tradicionais, os tecidos também podem ser destinados ao uso industrial, como, por exemplo, filtros de algodão, componentes para o interior de automóveis, embalagens e outros. Para Araújo e Castro (1986-87), a aplicação desse produto pode ser realizada em segmentos variados, tais como: confecção, decoração, revestimentos, aplicações especiais.

Em suma, os artigos produzidos pelo setor têxtil podem ser agrupados, segundo os processos produtivos, em quatro grandes segmentos: fibras e fios têxteis; tecidos de malhas e plano; não-tecidos; beneficiamento e acabamento de tecidos.

2.2.1 Setor de Fiação

A fiação consiste essencialmente em transformar a matéria-prima fibrosa num fio com massa por unidade de comprimento desejado. As características físicas da matéria-prima condicionam ou definem o processo de fiação a ser utilizado, bem como o fio mais fino (com menor massa por unidade de comprimento) que pode ser produzido (SENAI/CETIQT, 1995).

A partir das fibras obtêm-se os fios que, por sua vez, gerarão o tecido. São vários os tipos de fios que apresentam propriedades diferentes e que resultam em aspectos que valorizam o tecido.

2.2.1.1 Fibras e filamentos

A menor parte do artigo de vestuário, dos tecidos de banho, cama, mesa ou qualquer outro tecido, tem na sua composição um tipo de fibra têxtil.

As fibras têxteis podem ter várias origens e, é esse o critério comumente utilizado para a sua classificação. Assim, as fibras podem ser: de origem natural, se são produzidas pela natureza sob uma forma que as torne aptas para o processamento têxtil; ou de origem não-natural, se são produzidas por processos industriais, quer a partir de polímeros naturais transformados por ação de reagentes químicos (fibras regeneradas ou artificiais), quer por polímeros obtidos por sínteses químicas (fibras sintéticas) (ARAÚJO; CASTRO, 1986-87).

A classificação geral das fibras têxteis está resumida na Figura 2.2.

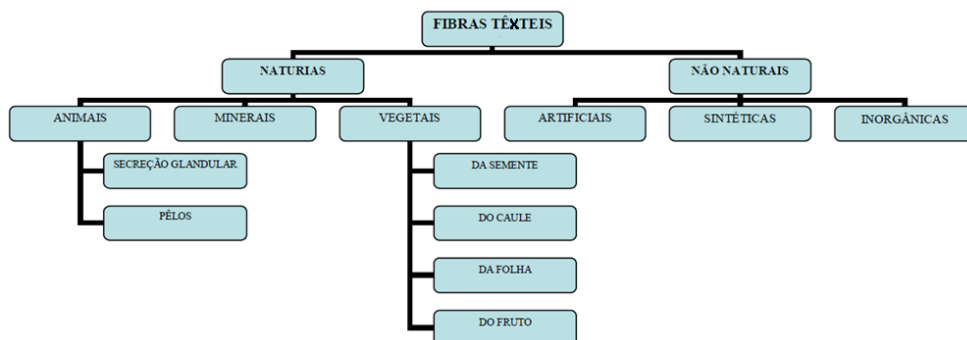


Figura 2.2 – Classificação Geral das Fibras Têxteis
 Fonte: Ribeiro *et al* (1984-87, p. 67).

Tanto as fibras naturais quanto as não naturais diferem-se de inúmeras maneiras. Cada qual possui características e propriedades diferentes: dimensões de suas cadeias moleculares, cristalinidade, cores, massa específica, temperatura de fusão ou transição vítrea, elasticidade, hidrofiliidade, entre muitas outras, que irão conferir ao tecido aplicações diversas. Daí a grande importância de se conhecer de forma profunda as fibras têxteis e seus aspectos técnicos antes de se desenvolver um determinado tecido. Ou seja, tudo na cadeia têxtil passa primeiramente pela correta escolha da fibra têxtil.

No processamento em toda a cadeia têxtil, ou seja, desde a fibra até o artigo confeccionado, existe uma composição de forças e tensões agindo diretamente sobre as fibras, os fios, os tecidos e os artigos confeccionados. O comportamento do artigo têxtil em relação a esse conjunto de forças é que irá determinar quando, como e que tipo de fibra e fio será usado no processamento do tecido ao artigo final. Com relação às características físicas das fibras têxteis, as principais são: massa específica, diâmetro, resistência à tração, tenacidade, hidrofiliidade, temperatura de transição vítrea e ponto de fusão (CHEREM, 2005).

Outras propriedades, além das citadas, são discutidas em diversas literaturas (ARAÚJO e CASTRO, 1986-87; COLLIER e TORTORA, 2001), sendo importante frisar que é a soma das propriedades de cada fibra que irá determinar a qualidade e a finalidade de uso do tecido desejado. Uma fibra pode ter uma propriedade de baixa abrasão, média absorção, mas alta tenacidade. Dessa forma, a seleção dessa fibra em particular estará atrelada ao seu fim.

Outros fatores que não se devem deixar de lado na questão da seleção da fibra são o seu custo e a sua disponibilidade no mercado.

Ainda, nenhuma fibra, isoladamente, seja química ou natural, preenche todas as necessidades da indústria têxtil. No entanto, a mistura de fibras químicas com fibras naturais, notadamente o algodão, trouxe a estas melhor desempenho, resistência, durabilidade e apresentação. O uso das fibras sintéticas é atualmente bastante difundido, abrangendo todos os segmentos da indústria têxtil (ROMERO *et al*, 1995).

Devido à grande variedade de fios produzidos comercialmente, pode parecer não haver um limite para o número de possibilidades funcionais e estéticas e para o número de fios distintamente diferentes. Entretanto, devido à infinita variedade de aparências, os fios devem ser convenientemente classificados de acordo com suas propriedades físicas e características funcionais. Essas propriedades e características de uso dos fios tanto dependem

das propriedades físicas das fibras ou dos filamentos que o constituem, como também da estrutura do fio.

2.2.1.2 Utilização dos fios têxteis

Os fios, em geral, são produzidos para uso na produção dos diversos tipos de tecidos, podendo ser mais comumente aplicados para a fabricação de tecidos planos e de malha.

Para a fabricação dos tecidos planos, têm-se fios que se destinam à formação do urdume e fios que se destinam à formação da trama, os quais diferem um pouco em números de torções. Os fios de urdimento possuem maior número de torções, porque precisam de maior resistência - pois são os que sofrem maiores esforços - tanto nas operações de tecimento como no uso do dia a dia.

Para a fabricação dos tecidos de malha, faz-se necessário a aplicação de um fio mais flexível, a fim de que permita facilitar a formação da laçada. Portanto, esse fio deve ser produzido com poucas torções, dentro de certo limite, de forma que ainda lhe promova a resistência mínima.

A indústria de tecidos de malha utiliza praticamente todos os tipos de fios e de fibras, como: fibras naturais (algodão, lã), artificiais (viscose) e sintéticas (nylon, acrílico, poliéster), além dos chamados elastanos (a Lycra é a marca mais conhecida delas). Toda essa variedade de fios, contudo, não se aplica uniformemente a todos os tecidos de malhas; há um direcionamento de determinados fios para a formação de cada tipo de malha e, em consequência, para certos tipos de teares (ROMERO *et al*, 1994).

As características dos fios que são mais usuais para indicar suas propriedades são:

a. o título, que é a numeração do fio, expresso em unidade *Tex*. Nesse caso, quanto mais alto o valor, mais grosso é o fio;

b. as torções, que são indicadas em torções por metro. Dependendo da aplicação, necessita-se de fios com maior e/ou menor torção.

2.2.1.3 Tipos de fios

Conforme as combinações das fibras, seu comprimento, torções e título, obtêm-se as variações de características, qualidade e preço que o setor de fiação oferece. O Quadro 1 apresenta resumidamente os seguintes tipos de fios (SOUZA, 2003).

Tipos de Fios	Principais Características
Monofilamentos	O fio consiste em um único filamento de espessura capilar, geralmente de poliamida, utilizado para produzir telas finas para filtros e quadros de estamperia. Utiliza-se também como fio de costura invisível e linhas de pesca, podendo chegar à espessura de 3 a 4 mm.
Multifilamentos	Todos os materiais têxteis artificiais e sintéticos são extrudados em feixes de múltiplos orifícios, produzindo um feixe de filamentos. Seus aspectos são lisos e brilhantes e podem ser utilizados, dessa maneira, para fabricação de tecidos.
Texturizados	Podem também ser chamados de texturados. A maneira encontrada de contornar os problemas causados pelos filamentos lisos foi a de “encrespar” esses filamentos de maneira a torná-los mais próximos, em aspecto, dos fios produzidos a partir de fibras naturais.
Retorcidos	Os fios podem ser torcidos com a finalidade de aumentar sua resistência. A partir de um fio singelo, pode-se criar uma infinidade de efeitos no fio, obtendo-se tantas combinações quantas desejar (ver Figuras 2.3 e 2.4).
Mouliné	Quando dois tipos de fios são retorcidos, tem-se o efeito mouliné. É comum juntar-se um fio de filamento com fio fiado para produzir esse tipo de fio.
Fantasia	É o fio ao qual são adicionadas irregularidades intermitentes em termos de torção, grossura e cor, com a finalidade de conferir-lhe um aspecto de fantasia, como indica a sua denominação. Basicamente, um fio fantasia completo está constituído de três elementos, a saber: fio-alma ou miolo; fio-fantasia ou efeito; fio de ligamento-amarração.
Bouclé	Constituído de um fio-alma com pequenos anéis ou alças a intervalos regulares, mais ou menos próximos.
Botonê	Obtido por meio de um fio que vai envolvendo, de forma irregular, um outro fio (alma) ou por adição intermitente de pequenas porções de fibras durante a fiação.
Fio Flamé	Fio caracterizado por trechos ou pontos com irregularidades na massa (mais grosso) por acúmulo de fibras ou por ausência de torção.
Chenille	Tem o aspecto de veludo. Um dos cabos é primeiramente enrolado sobre um gabarito de aço e, em seguida, cortado e assegurado entre dois outros cabos, retorcendo-se entre si.

Quadro 1 – Principais Tipos de Fios

Fonte: Souza (2003).

A Figura 2.3 apresenta, à esquerda, uma imagem real do fio retorcido e, à direita, uma ilustração da formação do fio retorcido.

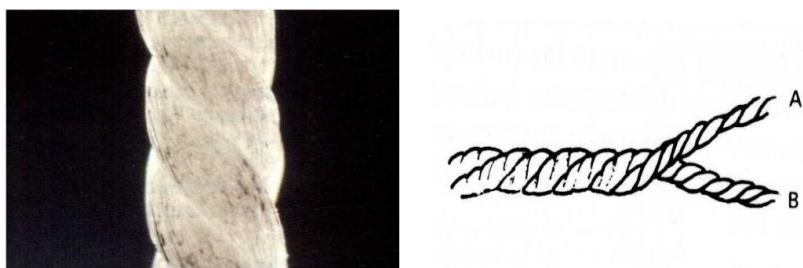


Figura 2.3 – Fio Retorcido em Dois Cabos

Fonte: Souza (2003).

A Figura 2.4 apresenta, à esquerda, um fio singelo; ao centro, um fio retorcido a dois cabos; à direita, um fio retorcido a dois cabos, depois novamente retorcido a dois cabos, totalizando quatro cabos.

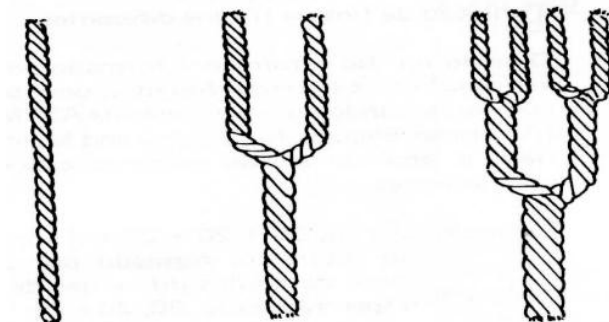


Figura 2.4 – Fio Singelo (esquerda), Dois Cabos (centro) e Quatro Cabos (direita)
Fonte: Souza (2003).

2.2.1.4 Titulação dos fios

A medição de fios é expressa por um número conhecido como título do fio, que representa a massa desse fio por unidade de comprimento. Esse fator pode ser correlacionado com o diâmetro ou a grossura do fio. Existe uma série de unidades de medidas para expressar numericamente o título de um fio, mas estas apresentam falta de uniformidade entre si. Os dois sistemas mais utilizados são o sistema inglês e o sistema internacional (SOUZA, 2003).

O sistema inglês possui a massa (em gramas) por comprimento (em metro) de fio, diretamente proporcional à sua “espessura”, (ou seja, pode-se afirmar que quanto maior é a massa por comprimento de um fio, mais “espesso” ele é). Por esse motivo, são conhecidos por sistemas diretos de titulação, o que não significa que o título seja diretamente proporcional ao seu diâmetro.

Dentre os sistemas diretos mais conhecidos estão o *Denier* e o *dTex*, porém, não são os únicos diretos. O *dTex* é um submúltiplo do sistema *Tex* que, evidentemente, também é um sistema direto de titulação. Esse sistema foi desenvolvido pelo The Textile Institute (em Manchester, Inglaterra), sendo divulgado em 1945, com a finalidade de ser utilizado como um sistema universal de titulação. Lamentavelmente, ainda é pouco utilizado mundialmente,

apesar de a maior parte dos países terem criados normas nacionais considerando o sistema *Tex* como oficial. Isso ocorre também no Brasil (norma Inmetro NBR 8427). Porém, apenas as empresas produtoras de fibras químicas adotaram plenamente o sistema que utiliza o *dTex* para a titulação de fibras contínuas e descontínuas (ARAÚJO; CASTRO, 1986-87).

O *Tex* é um sistema bastante simples de se trabalhar, admitindo submúltiplos como o decitex (ou *dTex*), cuja base é 1 grama por 10.000 metros, utilizado principalmente em filamentos; ou militex (ou *mTex*), correspondendo a 1 grama por 100.000 metros, utilizado na titulação de fibras individuais, admitindo também múltiplos, como o quilotex (ou *kTex*), que é utilizado na titulação de cabos que apresentam maior massa por metro. O *kTex* é o equivalente a 1 grama por metro.

O sistema internacional ou sistemas indiretos de titulação tomam como base a massa fixa e o comprimento variável, ao contrário do que acontece com o sistema inglês onde a base é comprimento fixo e massa variável. Neste caso, o título do fio é indiretamente proporcional à sua “espessura”.

Os sistemas de titulação mais conhecidos são: o título inglês (para fios fiados em processos de fibra curta), estabelecido pela quantidade de meadas de 840 jardas (768,1 m) para obter 1 libra (453,6 g) de fio; e o título métrico (para fios fiados em processo de fibra longa), estabelecido pela quantidade de meadas de 1.000 metros cada para se obter 1.000 gramas de fio. O título inglês é usualmente abreviado por *Ne*, enquanto o título métrico é usualmente abreviado por *Nm*.

O título é uma relação entre massa e comprimento, sendo que, dependendo do sistema de titulação utilizado (direto ou indireto), um deles é fixo e o outro é variável. Pode-se, então, estabelecer equação para se obter o valor da variável desconhecida, sabendo-se duas das variáveis entre título, peso e comprimento.

As equações (2.1) e (2.2) apresentam os cálculos para os dois sistemas, direto e indireto.

Para o sistema indireto tem-se a equação (2.1).

$$\text{Título } Ne = \frac{k \times C}{P} \quad (2.1)$$

Para o sistema direto tem-se a equação (2.2).

$$\text{Título } Tex = \frac{k \times P}{C} \quad (2.2)$$

Onde:

k = constante, sendo 0,59 (g) para Ne e 1000 (m) para Tex

C = comprimento do fio (m)

P = peso (g)

Em resumo, os principais sistemas de titulação, seus símbolos e constante estão indicados na Tabela 2.2.

Tabela 2.1 – Sistemas de Titulação de Fios

Sistema	Equação	Titulação	Símbolo	Constante (k)	Utilização
Direto	$m \times k = c \times T$	denier	denier	9.000	Filamentos contínuos
		militec	mtex	1.000.000	Fibras
		decitex	dtex	10.000	Filamentos contínuos
		tex	tex	1.000	Fios em geral
		quilotex	ktex	1	Filamentos contínuos
Indireto	$c \times k = m \times T$	inglesa	Ne	0,59	Fios de fibra curta
		métrica	Nm	1	Fios de fibra longa

Fonte: Souza (2003).

A Tabela 2.3 apresenta as equações para a conversão de título de fio entre os principais sistemas de titulação. Dessa forma facilita-se o trabalho para os profissionais que utilizam muito a conversão em seus desenvolvimentos de tecidos de malha.

Tabela 2.2 – Conversão dos Sistemas de Titulação dos Fios

Sistemas de Titulação	kTex	Tex	dTex	Denier	Nm	Ne
Ktex		kTex x 1.000	kTex x 10.000	kTex x 9.000	1 / kTex	0,59 / kTex
Tex	Tex / 1.000		Tex x 10	Tex x 9	1.000 / Tex	590 / Tex
Dtex	dTex / 10.000	dTex / 10		dTex x 0,9	10.000 x dTex	5.900 / dtex
Denier	Denier / 9.000	Denier / 9	Denier / 1,1		9.000 / Denier	5.320 / Denier
Nm	1 / Nm	1.000 / Nm	10.000 / Nm	9.000 / Nm		Nm x 0,59
Ne	0,59 / Ne	590 / Ne	5.900 / Ne	5.320 / Ne	Ne x 1,69	

Fonte: Souza (2003).

Através das Tabelas 2.2 e 2.3 é possível compreender e saber aplicar a equação correta no desenvolvimento dos tecidos de malha. Sendo assim, a aplicação do valor correto nos cálculos de malharia, seja para verificar a produção ou a qualidade, é fundamental para a redução dos retrabalhos e desperdícios de recursos como: mão-de-obra, máquinas e matéria-prima.

Devido a grande variedade de fios produzidos comercialmente, poderia parecer não haver um limite para o número de possibilidades funcionais e estéticas e para o número de fios distintamente diferentes.

Entretanto, devido à infinita variedade de aparências, os fios devem ser convenientemente classificados de acordo com suas propriedades físicas e características funcionais. Estas propriedades e características de uso dos fios dependem das propriedades físicas das fibras ou dos filamentos que o constituem como também da estrutura do fio.

O fio se transforma na matéria-prima que alimentará os setores seguintes como a malharia e a tecelagem plana. Estes, através dos variados tipos de fios, juntamente com seus diversos modelos de equipamentos e técnicas de entrelaçamento produzem uma infinidade de tipos de tecidos.

2.2.2 Setor da Malharia

Uma das atividades mais antigas, dentro da indústria têxtil, é o segmento de malharia. No ano de 1589, William Lee projetou uma máquina para fabricar meias, sendo utilizada por toda a Europa. Os primeiros tecidos de malha foram feitos de algodão por volta do século XVIII. No início os produtos da malharia eram destinados à confecção de cortinas, cobertas, anáguas, luvas e outros, sempre na cor branca. Entre os anos de 1920-1925 o tecido de malha foi introduzido na alta costura e, a partir de então, vem ocupando posição de crescente importância na indústria têxtil (BNDES, 1994).

Em nível mundial, a melhoria da qualidade no processo de tecimento do fio foi possível com a modernização e adoção das novas tecnologias desenvolvidas para a indústria têxtil. Em muitos países já é possível notar um parque industrial renovado com a substituição dos equipamentos obsoletos por modelos mais avançados.

Em outro momento, na primeira revolução industrial, o setor têxtil era referência da indústria moderna. No entanto, é considerado hoje simplesmente como uma referência das indústrias de baixa tecnologia. Mas, com o passar do tempo, se atualizou e se transformou com os avanços tecnológicos que, surgidos de áreas como a química, estimulou o desenvolvimento da indústria de corantes e pigmentos. Surgiram, assim, novas fibras e

filamentos sintéticos e artificiais, sistemas computadorizados de produção, o algodão colorido, entre outras.

Em relação ao Brasil, sabe-se que a expressiva importação de máquinas modernas, que ocorreu principalmente a partir da abertura da economia, não é suficiente para permitir que a indústria têxtil nacional alcance a competitividade necessária para enfrentar os baixos custos de produção de países como os asiáticos (COSTA *et al.*, 2011).

Toda essa revolução de modernidade traz consigo tecnologias emergentes e, que estão levando ao surgimento de novos produtos têxteis, agregando novas propriedades aos produtos existentes, principalmente, no segmento de fibras, mas que certamente causam algum impacto, no longo prazo, à cadeia produtiva têxtil como um todo.

Muitas pessoas julgam que o campo da malharia se restringe à fabricação de camisetas, blusas, camisas e vestidos, porque é isso que elas se acostumaram a ver no dia a dia. No entanto, o campo das malhas é muito mais abrangente. É preciso citar que, atualmente, a mulher e o homem podem vestir-se, praticamente, dos pés à cabeça, com artigos de malha, como por exemplo, o chapéu e os sapatos. Após ganhar inúmeras contribuições na área das camisas e “*pull-overs*”, o manequim masculino também foi agraciado com o surgimento de ternos, calças e “*blazers*”.

Em áreas distintas do vestuário, a aplicação dos artigos de malha está encontrando franco desenvolvimento, graças aos avanços técnicos introduzidos nas máquinas de malharia. Dessa incursão na área industrial constituem bons exemplos os tapetes, as redes de pesca, as telas destinadas à posterior impregnação com plástico, as telas para assentos de cadeiras, os veludos para estofamentos, enfim, artigos usados na medicina, na construção civil, na agricultura, na indústria automobilística e outras (COSTA *et al.*, 2011).

2.2.2.1 Classificação geral da malharia

No setor de malharia também há uma classificação conforme a aplicação e principalmente quanto ao sistema de formação das laçadas. Sendo assim, uma classificação macro apresenta dois tipos: Malharia por Trama e a Malharia por Urdume. Essa classificação

se dá pelos tipos de tecidos e os equipamentos específicos para a produção dos diferentes tipos de malhas (GORINI *et al.*, 2002).

Essas duas áreas da malharia apresentam processos diferenciados para a produção de tecidos de malha. A seguir, a definição dessas duas classificações em função do sentido da evolução dos fios nos tecidos de malha:

a) Malharia por trama

É o processo de fabricação de malhas que utiliza o método de entrelaçamento de malhas no sentido horizontal com um ou mais fios que alimentam um grande número de agulhas, as quais podem ficar dispostas em sentido retilíneo ou circular, dependendo do tipo de máquina. A Figura 2.5 mostra o equipamento, um tipo de tecido e o entrelaçamento.

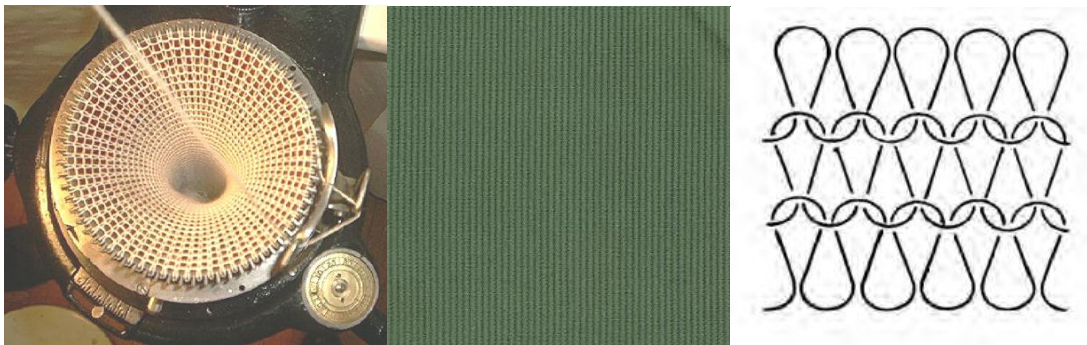


Figura 2.5 – Representação da Malha por Trama
Fonte: Aquino (2008)

Na malharia por trama pode-se produzir tecidos com a utilização de apenas um fio, dependendo do tipo de tecido e da máquina, pois um único fio pode alimentar todas as agulhas da máquina devido a sua evolução no sentido horizontal.

A utilização mais usual para os tecidos de malha por trama é na fabricação de camisetas, vestidos e roupas infantis, tendo, contudo, aplicação em outras áreas.

Os principais aspectos produtivos desse tipo de tecido, quando comparado à malharia por urdimento, são:

- a. Malhas vizinhas alimentadas pelo mesmo fio;
- b. Malhas desmalháveis; e
- c. Pouca estabilidade dimensional.

Existem vários tipos diferentes de estruturas de tecidos de malha de trama. Essas estruturas são consequência da formação do tipo de ponto ou da forma geométrica das laçadas. Existem quatro principais malhas (pontos) utilizadas em tecidos de malharia:

- a. Ponto Simples (Normal);
- b. Ponto Reverso;
- c. Ponto Omitido (Fang); e
- d. Ponto Retido (Flutuante).

Malhas são estruturas complexas, difíceis de descrever. Nesse contexto, sua representação gráfica assume elevada relevância. Na Figura 2.6 observam-se os tipos de laçadas usados no tecimento dos tecidos de malha básicos e diferenciados.

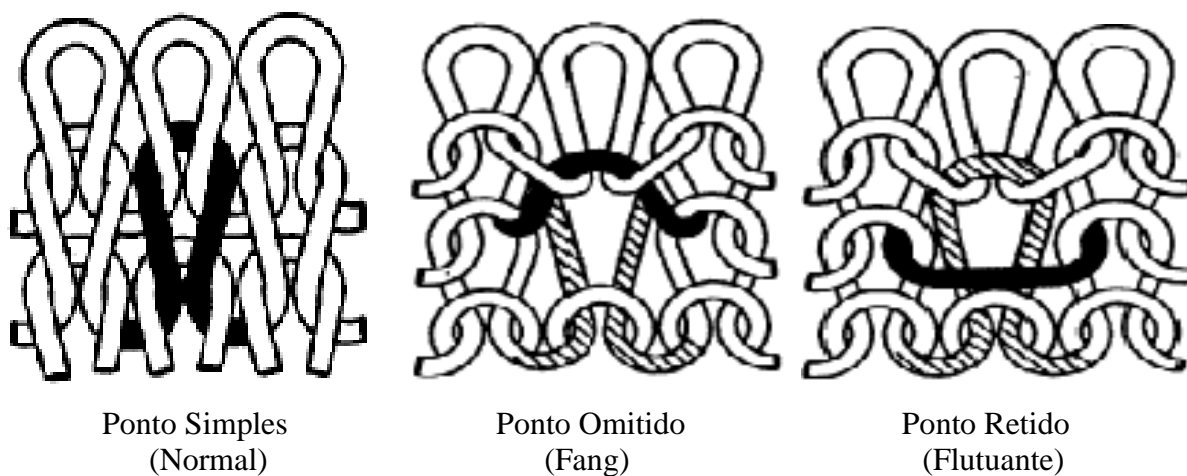


Figura 2.6 – Tipos de Laçadas
Fonte: SENAI/CETIQT (1995).

O ponto simples é o ponto básico da malharia, é também chamado de ponto liso. Essa malha é a base dos tecidos conhecidos como meia-malha ou malha *Jersey*.

O ponto omitido é criado quando uma ou mais agulhas são desativadas e não se movem para aceitar o fio. Este somente passa por elas - e nenhuma malha é formada - e essa ação é conhecida como sendo um ponto flutuante.

Por fim, o ponto retido é quando a agulha segura a laçada anterior e então recebe um novo fio, concentrando duas laçadas na cabeça da agulha. A ação pode ser repetida várias vezes, mas os fios eventualmente devem ser descarregados da agulha. Nesse caso, o resultado é uma laçada alongada.

De todos os pontos existentes, resultam as quatro estruturas primárias dos tecidos de malha por trama, e dessas estruturas básicas são feitas todas as outras construções. Os tipos básicos de tecidos em malharia por trama são:

- a. Meia-malha ou *Jersey*;
- b. *Piquê*;

c. *Rib*; e

d. *Interlock*.

O tecido de meia-malha tem todas suas laçadas tecidas apenas de um lado do tecido (todos os pontos são simples), tendo assim um lado direito e um avesso bem definido. As máquinas que produzem esse tipo de tecido possuem apenas uma frontura e são conhecidas por monofrontura, ou seja, possuem um cilindro ranhurado para alocar as agulhas. A Figura 2.7 apresenta, à esquerda, a frontura (cilindro) para um tear monofrontura e, à direita, as fronturas (disco e cilindro) para um tear de dupla frontura.

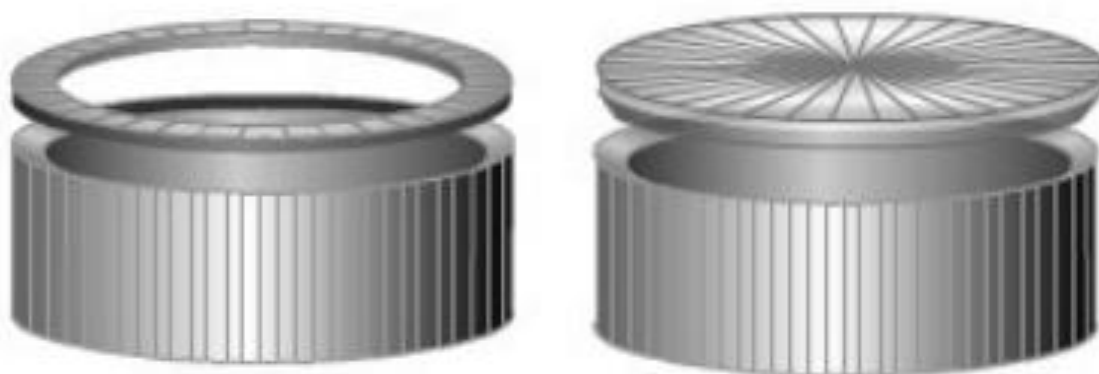


Figura 2.7 – Fronturas: Monofrontura (esquerda) e Dupla Frontura (direita)
Fonte: Witkoski (2009).

Todas as agulhas puxam o tecido somente em uma direção. Como consequência, a meia-malha torna-se um tecido desbalanceado (ver Figura 2.8). Por apresentar essa diferença de tensões entre as duas faces, tende a enrolar nas bordas ou - como é comumente conhecida - nas orelhas, bem como esticam aproximadamente em ambas as direções, comprimento e largura.

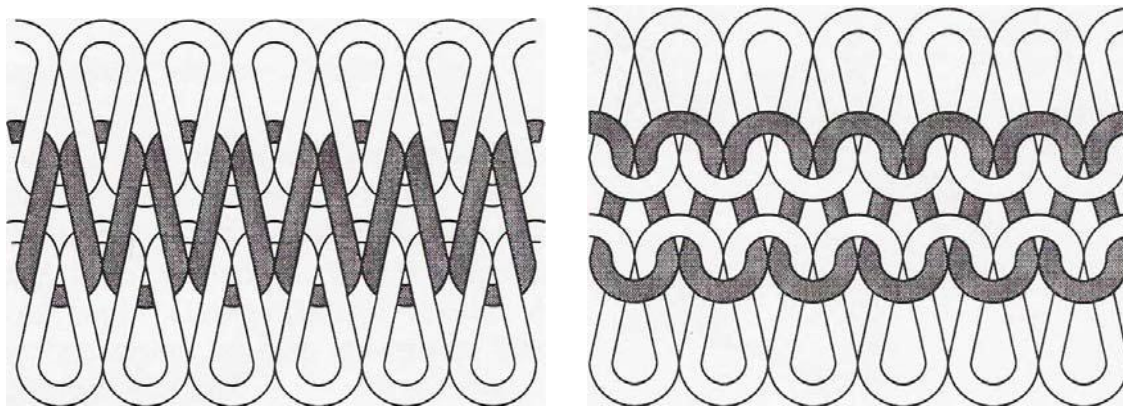


Figura 2.8 – Meia-Malha Lado Direito (esquerda) e Lado Avesso (direita)
Fonte: Aquino (2008)

Uma variação da estrutura da meia-malha é o *piquê*, também produzido no mesmo tipo de tear da estrutura de meia malha. Caracteriza-se pelo ponto retido, representando um “V” ou um “U” no tecido de malha. Isso se deve ao fato de a laçada ser formada pelo não descarregamento da malha anterior.

Em máquinas de dupla frontura, têm-se duas estruturas básicas conhecidas por Rib ou Ribana e Interlock ou Interloque. A diferença entre as duas estruturas dá-se pelas disposições relativas entre as agulhas do cilindro e do disco.

A disposição Ribana é caracterizada quando as agulhas do disco são colocadas no ponto médio entre duas agulhas do cilindro. Nesse caso, todas as agulhas das duas fronturas podem trabalhar ao mesmo tempo. E para a disposição Interloque, as agulhas do disco são dispostas frente a frente com as do cilindro. Nesse caso, as duas séries de agulhas não podem trabalhar completamente ao mesmo tempo, mas alternadamente. Por exemplo, agulhas longas do disco com curtas do cilindro e vice-versa. A Figura 2.9 apresenta o esquema de disposição das agulhas para as estruturas de malha em Interloque e Ribana.

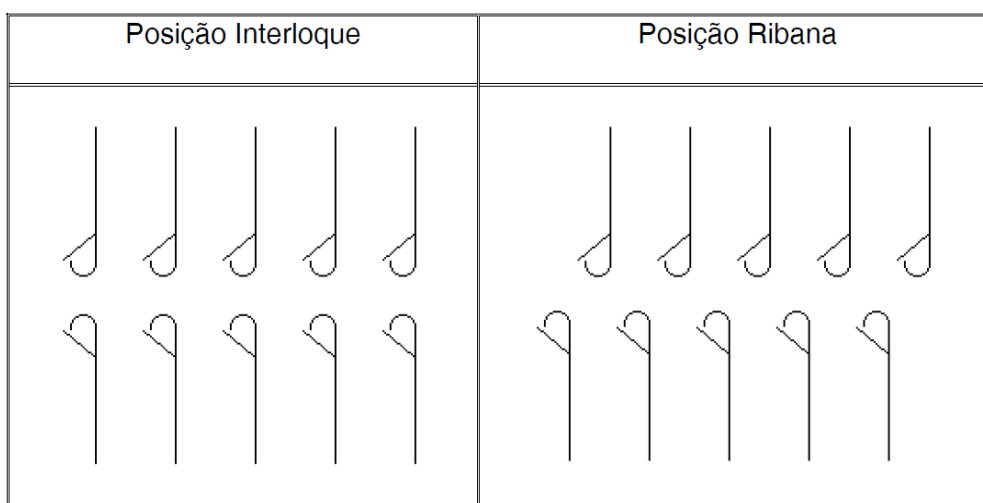


Figura 2.9 – Posição das Agulhas para os Tecidos Interloque e Ribana

Atualmente, as máquinas de dupla frontura estão aptas a produzir tanto os tecidos Rib quanto os tecidos Interloque.

Os tecidos de malha Rib são caracterizados pelos pontos simples e reverso, observáveis em ambos os lados do tecido. Uma vez que os tecidos Rib apresentam malhas tecidas em ambos os lados do tecido, as máquinas usadas para produzi-los requerem dois

conjuntos de agulhas posicionadas em um ângulo apropriado entre eles, e cada conjunto é capaz de produzir malhas (ver Figura 2.10).

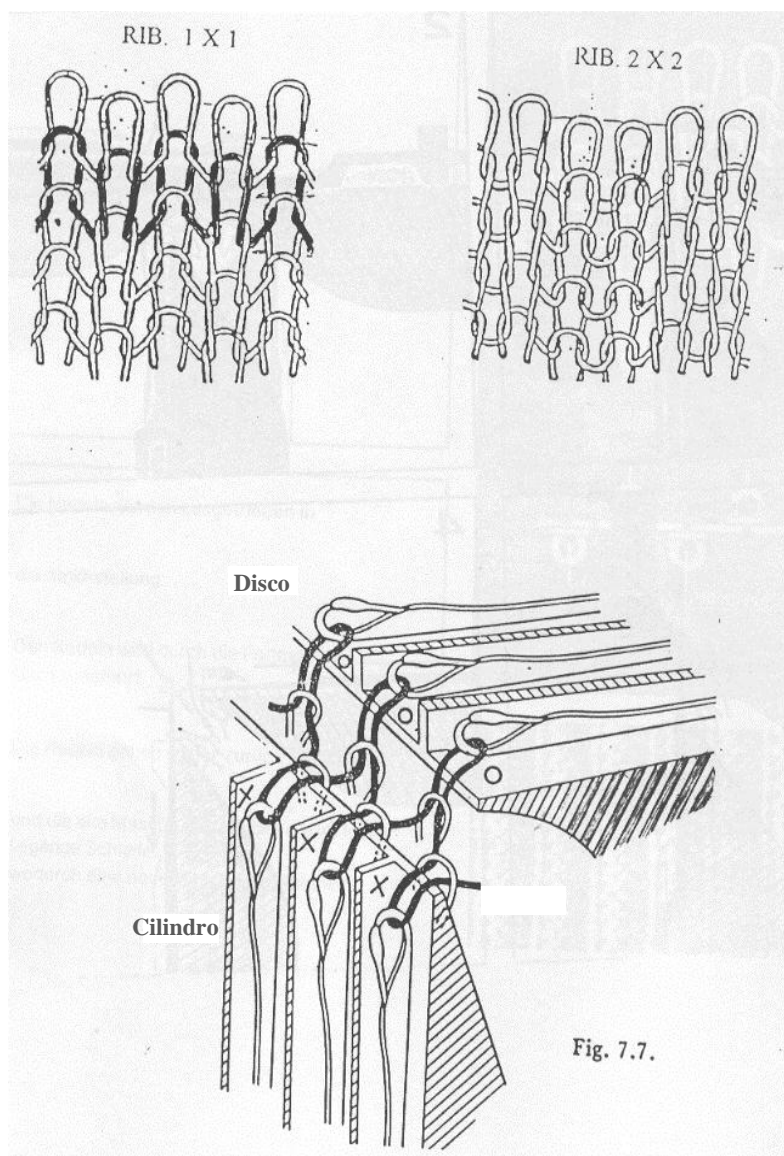


Figura 2.10 – Estruturas de Malhas em Rib e Disposição das Agulhas
Fonte: SENAI/CETIQT (1995).

Os tecidos de malha Interloque caracterizam-se por possuir os dois lados iguais, exatamente pela disposição das agulhas. As colunas do lado direito são exatamente opostas às colunas do lado avesso do tecido de malha. Sendo assim, esse tecido não pode ser estendido nos dois sentidos (comprimento e largura) e apresenta uma estrutura mais firme, concebendo artigos com maior estabilidade dimensional do que os tecidos em Rib (ver Figura 2.11).

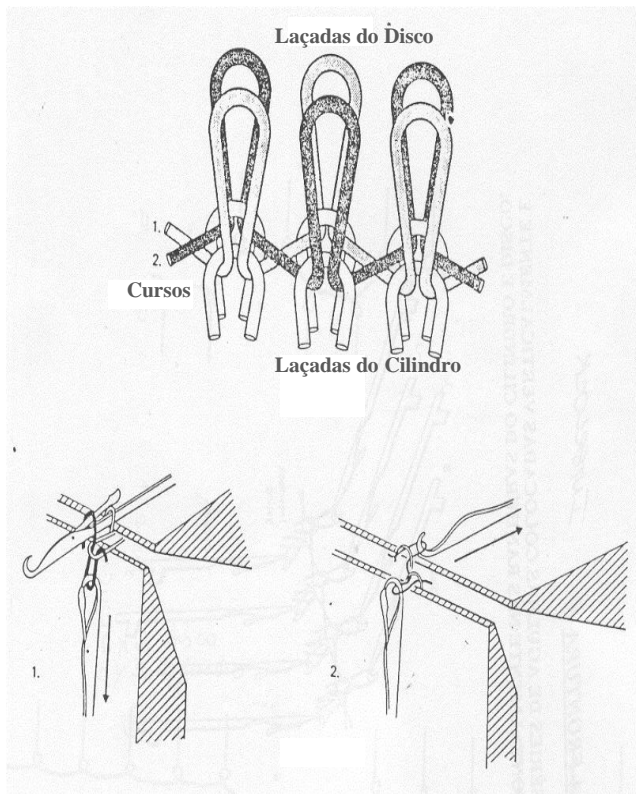


Figura 2.11 – Estrutura de Malha em Interloque e Disposição das Agulhas
 Fonte: SENAI/CETIQT (1995).

b) Malharia por urdimento

É o processo de fabricação de malhas que utiliza o método de malhas no sentido vertical, empregando numerosos fios que se entrelaçam lateralmente e podem alimentar uma ou mais agulhas. Nesse processo, cada agulha em trabalho tem um ou mais fios posicionados em barras diferentes. A Figura 2.12 demonstra o equipamento, um tipo de tecido e o entrelaçamento.



Figura 2.12 – Equipamento e Representação da Malha por Urdume
 Fonte: Aquino (2008).

Na malharia por urdimento necessita-se de numerosos fios para a obtenção de um tecido, pois um único fio não pode alimentar todas as agulhas da máquina devido a sua evolução no sentido vertical.

A utilização mais usual para os tecidos de malha por urdimento é na fabricação de artigos para a linha de roupas íntimas e para a linha praia.

Para Aquino (2008), as principais características desse tipo de tecido, quando comparado à malharia por trama, são:

- a. Malhas vizinhas formadas por fios diferentes;
- b. Malhas indesmalháveis; e
- c. Boa estabilidade dimensional.

2.2.2.2 Classificação dos teares de malharia por trama

A indústria de malhas é composta por vários tipos diferentes de teares para a formação dos tecidos de malha e, com base na forma em que se apresentam, pode-se afirmar que as máquinas de malharia podem ser de dois tipos distintos. Os equipamentos para a produção de malharia por trama são os teares circulares e os teares retilíneos.

a) Teares circulares por trama

São as mais comuns das máquinas de malharia, caracterizadas por possuírem um grande número de alimentadores dispostos em círculos, produzindo um tecido tubular contínuo. São máquinas de altíssimo rendimento, capazes de produzir tecidos com as mais diferentes características.

O grupo de máquinas circulares é formado pelos seguintes tipos (SENAI/CETIQT, 1995):

a.1. Grande diâmetro, que incluem as monocilíndricas, voltadas para a produção de *Jérsei* ou meia-malha; as circulares de dupla frontura, próprias para a produção de malhas duplas; as circulares de duplo cilindro, voltadas para a produção de malhas "fantasia";

a.2. Pequeno diâmetro, próprias para a produção de meias, masculinas e femininas, sejam elas lisas, rendadas ou *jacquard* (com desenhos na constituição do

tecido). As meias saem das máquinas praticamente prontas, faltando apenas a costura para fechar a ponta do pé.

A Figura 2.13 apresenta um modelo de tear circular monofrontura, destacando as principais nomenclaturas das partes que compõem a estrutura da máquina.

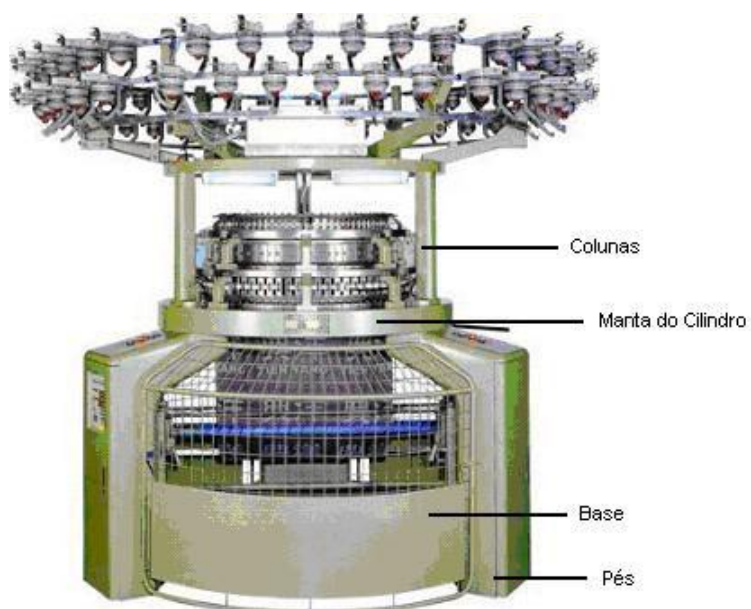


Figura 2.13 – Tear Circular de Malharia por Trama
Fonte: SENAI/CETIQT (1995).

b) Teares retilíneos por trama

As máquinas retilíneas são equipamentos semelhantes às antigas máquinas manuais de uso doméstico, todavia muito mais avançadas tecnologicamente. São geralmente automáticas e capazes de produzir tecidos de alta qualidade. Ainda no grupo das retilíneas, as máquinas com *jacquard* permitem a obtenção de tecidos com desenhos, listras, relevos e outros (SENAI/CETIQT, 1995).

Esse tipo de equipamento é muito utilizado para a fabricação de golas e punhos para camisas de malha do tipo "Polo" e tecidos com desenhos próprios para a produção de blusas e blusões. Sua utilização se dá na produção de malhas pesadas, principalmente de fios de lã e acrílico.

2.2.2.3 Tecidos de malha

Através do agrupamento de fibras ou de fios formam-se as superfícies têxteis. Para cada aplicação há um tipo de superfície têxtil mais adequada. De um modo geral, a maior parte dos artigos produzidos pelas indústrias de malhas destina-se à confecção de roupas masculinas, femininas e infantis.

A maioria dos tecidos é atualmente produzida por alguns métodos de entrelaçamento, como a tecelagem ou malharia. A tecelagem constitui a etapa de produção na qual o processo técnico é realizado por teares que possibilitam o entrelaçamento de dois conjuntos de fios em certo ângulo um do outro, resultando em tecidos ditos planos. Os fios no sentido do comprimento são conhecidos como fios de urdume, enquanto os fios na direção da largura são conhecidos por fios de trama (AQUINO, 2008).

O processo de tecimento do tecido de malha pode ser considerado relativamente simples, se comparado com o tecido plano, uma vez que não exige nenhuma preparação dos fios antes de seu tecimento. As principais características do tecido de malha que diferem do tecido plano são a flexibilidade e elasticidade.

As Figuras 2.14a e 2.14b apresentam, de forma gráfica, as estruturas básicas para um tecido plano e um tecido de malha por urdume respectivamente.

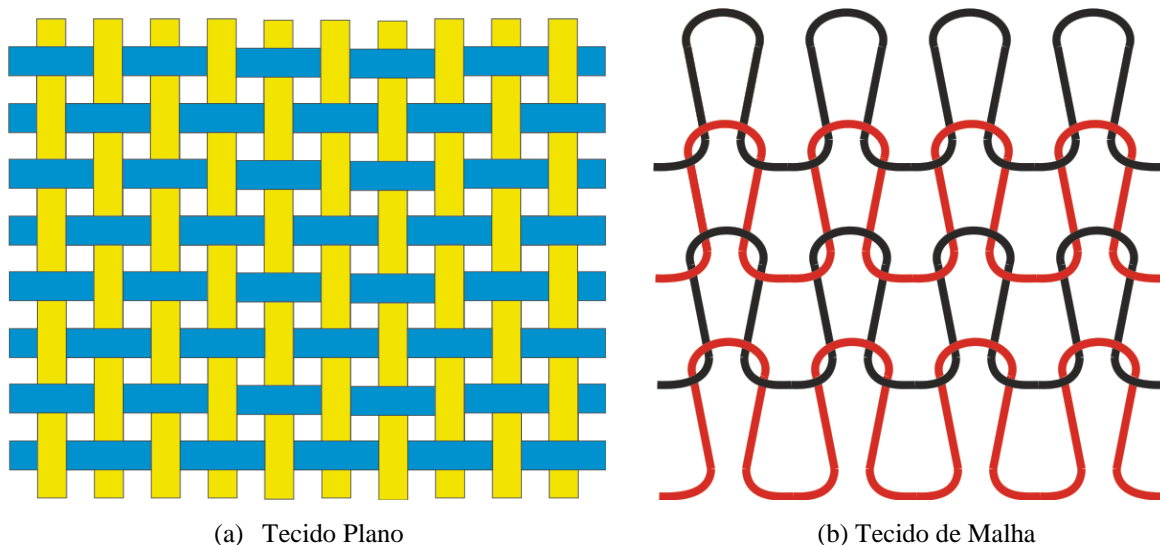


Figura 2.14 – Representação Gráfica de Tecidos
Fonte: Macedo (2009).

Classificação das superfícies têxteis, segundo a sua formação (MACEDO, 2009):

- a. Tecidos planos: simples, composto, leno, felpudo, *jacquard* e outros;
- b. Tecidos de malha: trama, urdume, misto, renda e outros;
- c. Tecidos de laçadas: bordados, redes, giro inglês e outros;
- d. Tecidos especiais: malimo, laminados, recobertos, dublados e outros; e
- e. Não-tecidos: resinados, fusionados, *spunlaced* e outros.

O Quadro 2 apresenta as principais propriedades dos tecidos de malha, destacando as normas dos procedimentos de análise relacionadas a cada uma dessas propriedades.

Características	Descrição	Norma ABNT
Gramatura	Relação de massa por unidade de área. É expressa em gramas por metro quadrado (g/m^2). A tolerância, segundo a norma, é de $\pm 5\%$.	ABNT NBR 10591
Peso linear	Medida para calcular o comprimento de um tecido. Peso linear = $\text{g}/\text{m}^2 \times$ largura do tecido.	ABNT NBR 10591
Estruturas fundamentais	Os tecidos de malha básicos são: meia malha, moletom, ribana e interlock. Em tecidos especiais combinam-se vários ligamentos para obterem-se efeitos diferenciados.	ABNT NBR 13462
Densidade do tecido de malha	Indica a quantidade de cursos e colunas por unidade de comprimento.	ABNT NBR 12060
Espessura	Indica quanto o tecido é mais fino ou mais grosso.	ABNT NBR 13371
Largura	A largura é determinada após um período de relaxamento do tecido. Segundo a Portaria CONMETRO nº 1, de 1998, a tolerância é de 2%.	ABNT NBR 10589
Comprimento	A metragem do tecido deve ser determinada após o seu relaxamento, segundo a Portaria CONMETRO nº 1, de 1998, a tolerância é de 2%.	ABNT NBR 12005
Resistência à tração	Expressa a força que o tecido suporta até romper-se. É um indicativo da durabilidade do tecido. Sua unidade é gf/tex .	ABNT NBR 11912
Alongamento	Indica o percentual que o tecido aumenta sua dimensão até o rompimento no dinamômetro.	ABNT NBR 11912
Elasticidade	Capacidade do tecido de alterar suas dimensões mediante uma força e retornar ao tamanho original.	ABNT NBR 12960

Quadro 2 – Principais Características dos Tecidos

Fonte: Chereim (2004).

As características das malhas, descritas acima, são também influenciadas pela escolha da matéria-prima para a elaboração de novos produtos. A indústria têxtil utiliza diversos tipos de fibras como matéria-prima algodão, lã, viscose, poliéster, poliamida, acrílico entre outras, e no segmento de tecidos de malhas é possível encontrar todas estas diversidades.

Contudo, o tecido de malha também apresenta algumas características que não são favoráveis para sua aplicação em vestuário, como, por exemplo, uma forte tendência à deformação dimensional e desgaste superficial.

Na sequência serão apresentadas as principais estruturas de tecidos de malha, considerando o tipo de tear utilizado para sua produção.

2.2.2.4 Estruturas dos tecidos de malha por trama

Para um entendimento mais completo sobre as malhas, é preciso primeiramente conhecer cada uma das partes que compõem a malha ou ponto. A Figura 2.15 apresenta uma malha ou ponto (em inglês = *stitch*), mantida na sua forma pelos pontos de retorno superiores e inferiores por outras malhas.

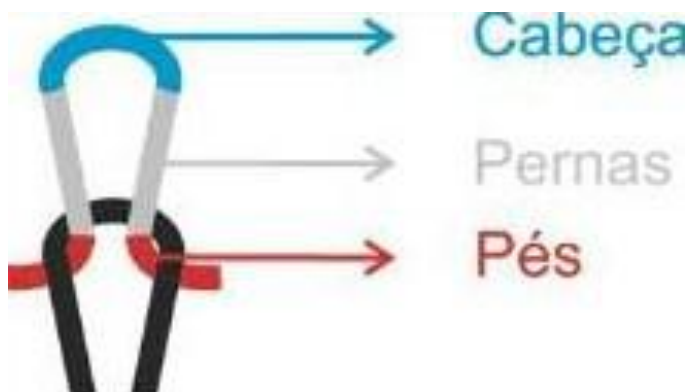


Figura 2.15 – Representação da Malha Unitária
Fonte: Macedo (2009).

Cada malha consiste de uma cabeça, duas pernas e dois pés. No local onde as pernas se transformam em pés, há dois pontos de contato com a malha anterior. Esses são denominados pontos de ligação, conforme visto na Figura 2.16.



Figura 2.16 – Representação dos Pontos de Ligação
Fonte: Macedo (2009).

Se os pés das malhas se situam por cima dos pontos de ligação e, correspondentemente, as pernas por baixo deles, então tecnicamente, esse é o dorso da malha ou avesso do tecido. Na Figura 2.17 é possível verificar o lado avesso da malha.



Figura 2.17 – Representação do Dorso da Malha
Fonte: Macedo (2009).

Se, ao contrário, os pés estão por baixo e as pernas por cima - nos seus pontos de ligação - então, tecnicamente, tem-se a face frontal da malha ou lado direito do tecido, representado pela Figura 2.18.

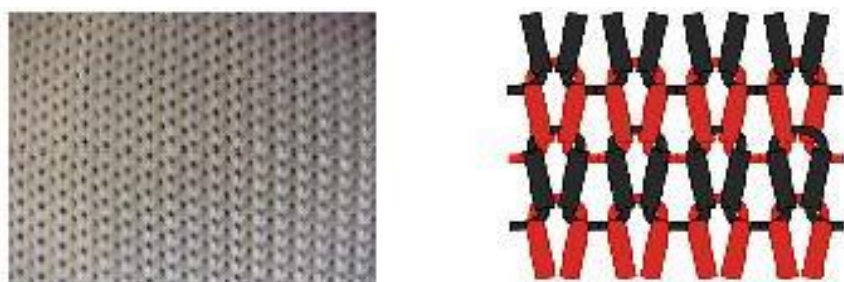


Figura 2.18 – Representação da Face da Malha
Fonte: Macedo (2009).

Na construção do tecido são observados dois elementos distintos, conforme destacado na Figura 2.19.

a. A carreira de malhas: é uma série de laçadas sucessivas do mesmo fio, que cruzam o tecido transversalmente. Todas as laçadas (malhas) de uma mesma carreira são formadas pelo mesmo fio; e

b. A coluna de malhas: é uma série de laçadas de fios diferentes, que se situam na direção do comprimento do tecido. Todas as malhas de uma mesma coluna são formadas numa mesma agulha e o número de colunas influencia na determinação da largura do tecido.

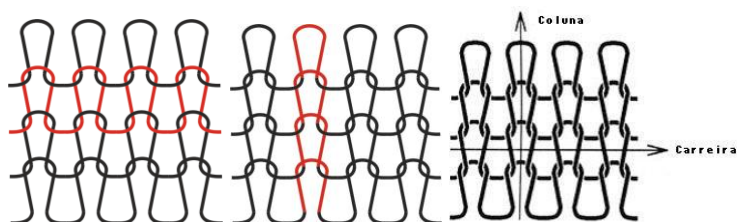


Figura 2.19 – Representação das Carreiras e Colunas
 Fonte: Macedo (2009).

A laçada é o elemento básico para a formação da malha. Para desenvolver os diversos tipos de estruturas existentes, são realizadas infinitas combinações com os três tipos de laçadas existentes: laçada regular (malha); laçada de retenção (*fang*) e a laçada flutuante (não-trabalha). A Figura 2.20 apresenta os três tipos de laçadas existentes.

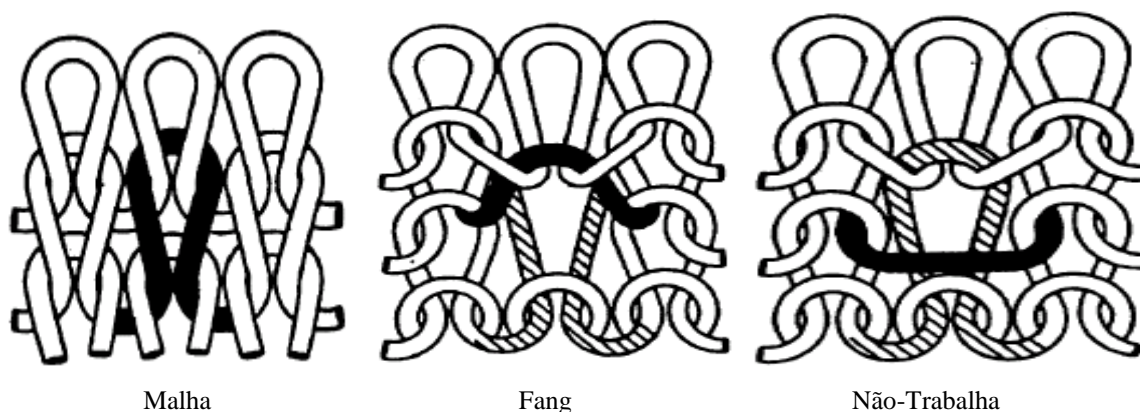


Figura 2.20 – Tipos de Laçadas
 Fonte: Macedo (2009).

Um dos pontos a serem observados, quando da projeção da estrutura da malha, é o *rapport* (no português, raporte ou padrão). O raporte é a menor unidade de repetição de uma estrutura de malha, considerando as malhas no sentido vertical e horizontal que formam o tecido.

Em suma, o raporte determina o efeito desejado no tecido de malha, conferindo a esta uma contextura diferenciada. O estudo e desenvolvimento dos diversos raportes é chamado de padronagem.

Apesar da grande variedade de máquinas hoje existentes no campo da malharia por trama, o princípio de formação das malhas não mudou de forma significativa. Houve, apenas, o aperfeiçoamento e o desenvolvimento de novos tipos de agulhas, de equipamentos para efetuar a transferência das malhas de uma frontura para outra, o que possibilitou uma diversificação maior na técnica de produção dos tecidos (SILVA, 2008).

2.2.2.5 Tecidos de malha para tear circular monofrontura

Os teares circulares monofrontura são máquinas com apenas uma frontura, chamada de cilindro, na posição vertical. O principal produto final é o tecido *Jersey*, ou meia-malha, como é conhecida mais popularmente.

Para esses teares, os tecidos de malha mais básicos produzidos são a *Jersey* ou meia-malha e o *piquê*. A grande variedade de tecidos fabricados por esse tipo de máquina encontra-se diretamente ligada às possibilidades de tecimento por elas apresentadas.

Apesar da família das malhas monofrontura incluírem um grande número de estruturas de tecidos - todas produzidas em uma única frontura de agulhas - as características e propriedades gerais são as seguintes (SILVA, 2008):

- a. Cada face do tecido (direito e avesso) é feita pela mesma laçada;
- b. O tecido pode ser esticado, embora nem sempre seja elástico. Normalmente, o tecido pode ser esticado muito mais no sentido da largura do que no sentido do comprimento;
- c. As laterais do tecido apresentam tendência a enrolar. Essa é uma característica que pode complicar mais tarde os processos de produção, especialmente na confecção (AQUINO, 2008);
- d. Os tecidos de malha monofrontura podem ser facilmente desmalhados a partir do último curso produzido. Porém, como esse tipo de malha tem uma forma simétrica de construção, também se permite desmalhar a partir do primeiro curso produzido;
- e. Uma malha rompida pode facilmente desencadear uma sequência de malhas corridas, tal como acontece nas meias femininas; e
- f. A forma simétrica na estrutura de um tecido monofrontura é a razão para malhas corridas acontecerem tanto de cima para baixo como de baixo para cima, no sentido do comprimento do tecido. E em qualquer uma das situações a razão para malhas corridas será o rompimento de uma malha.

A seguir são apresentadas as principais estruturas, básicas e diferenciadas, de tecidos de malha:

a) Estruturas básicas

a.1. Meia malha: a meia malha (*Jersey*) é a estrutura de tecido de malha mais básica produzida em teares tipo monofrontura. Por isso, esses equipamentos são também conhecidos como teares de meia malha (ver Figura 2.21).

O tecido meia malha tem todas as laçadas desenhadas apenas de um lado do tecido (todos os pontos são simples). Todas as agulhas puxam o tecido somente em uma direção.

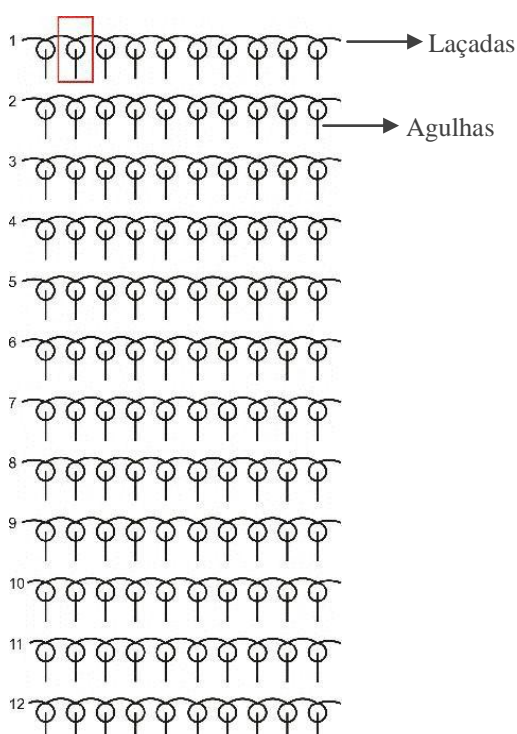


Figura 2.21 – Estrutura de Meia Malha
Fonte: Macedo (2009).

a.2. *Piquê*: estrutura de malha com nome originado da França. Possui uma aparência e textura que favorecem sua aplicação em camisas de gola polo. A estrutura mais comum do piquê é realizada com a combinação de dois dos três tipos de laçadas, ou seja, malha e *fang*. No lado direito do tecido, vêem-se as pernas da malha com deslocamento de carreira. E no lado avesso do tecido tem-se o aspecto de losangos em relevo ou colmeias, o que é muito utilizado como direito comercial (AQUINO, 2008).

A estrutura mais comum do piquê é conhecida como piquê simples, mas este ainda assume variações e outras nomenclaturas sendo: piquê duplo, piquê lacoste simples e piquê lacoste duplo. A Figura 2.22 apresenta as variações das estruturas de piquê.

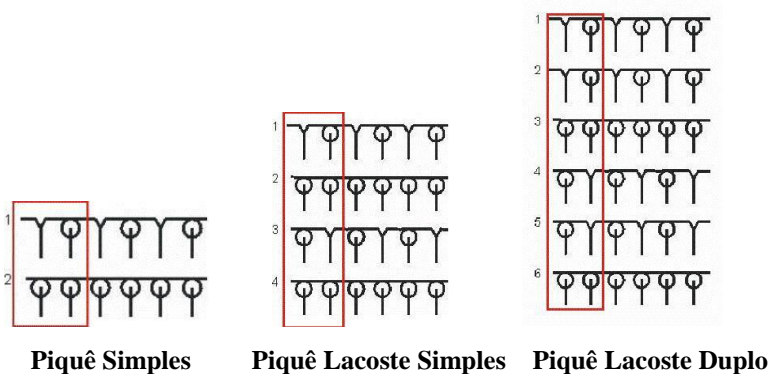


Figura 2.22 – Estruturas do *Piquê*
 Fonte: Macedo (2009).

a.3. Moletom ou felpa americana: a estrutura do moletom é uma das mais utilizadas na malharia circular, principalmente nas estações outono/inverno. É baseada no princípio de tecer um fio grosso flutuando no lado avesso e um fio mais fino adequado com a galga da máquina (quantidade de agulhas existentes em uma unidade de medida).

Esse fio grosso no lado avesso proporciona toque mais agradável aos artigos e melhor isolamento térmico. A maioria dos tecidos de moletom passa por um tratamento chamado peluciagem, antes de ser confeccionado. A peluciagem confere ao tecido a característica de maior aquecimento, mantendo o calor do corpo.

O fio grosso utilizado no avesso é normalmente de título Ne 8/1, 10/1, 12/1 e 16/1 em função da gramatura esperada e aplicação no uso. Por ser de título muito diferente dos normalmente recomendados para as galgas (agulhas/polegada) 18, 20 ou 24, ele é amarrado em *fang*.

A estrutura mais comum do moletom é conhecida como moletom simples ou 3x1, mas este ainda assume variações e outras nomenclaturas sendo: moletom diagonal, moletom vertical. A Figura 2.23 apresenta a estrutura de moletom 3x1.

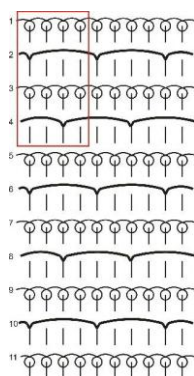


Figura 2.23 – Estrutura do Moletom 3x1
 Fonte: Macedo (2009).

b) Estruturas Diferenciadas

b.1. Listrado horizontal: numa estrutura tipo *Jersey* pode-se obter listras horizontais dispondo os fios na sequência de cores nos alimentadores. Assim, para conseguir um efeito com listras horizontais de três carreiras, como ilustrado na Figura 2.24, utilizam-se três cones de fio de uma cor e três cones de outra cor, também seguidos. Essa sequência repete-se por todos os alimentadores.

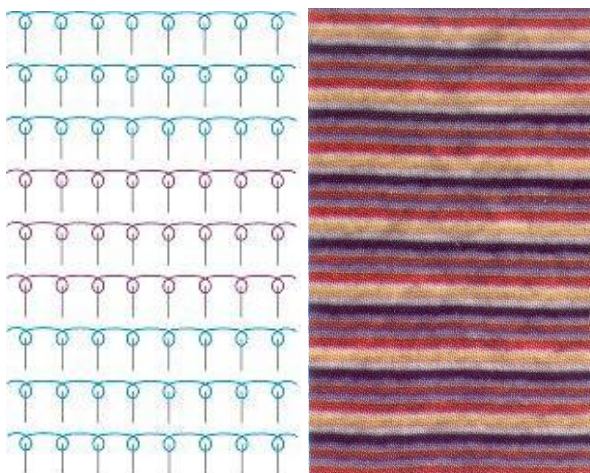


Figura 2.24 – Estrutura do Listrado Horizontal
Fonte: Neves (2000).

b.2. Listrado vertical: o efeito de listras verticais, numa estrutura *Jersey*, obtém-se alimentando o tear alternadamente de uma cor e de outra. O agulhamento deverá ser constituído por dois tipos de agulhas, dispostas de acordo com a largura da listra pretendida. A Figura 2.25 apresenta a estrutura do listrado vertical.

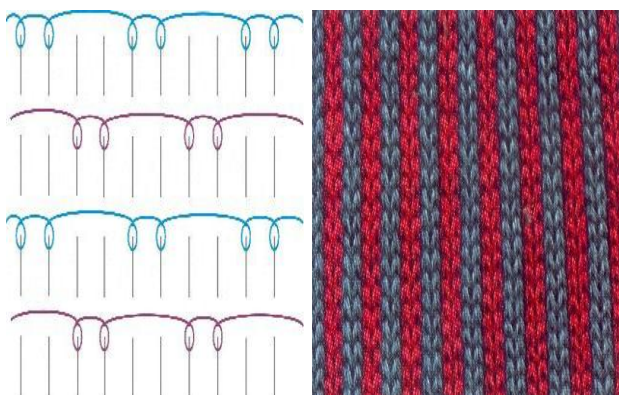


Figura 2.25 – Estrutura do Listrado Vertical
Fonte: Neves (2000).

b.3. Xadrez: o xadrez pode ser obtido com a correta programação das agulhas e dos alimentadores do tear. Analisando a Figura 2.26, verifica-se que a sequência de alimentação das cores do tear é semelhante à das listras verticais até o alimentador 4, dando-se a seguir a mudança da sequência.

A mudança da disposição das cores depende da altura pretendida no xadrez. O agulhamento, ou seja, a disposição das agulhas depende da largura do xadrez.

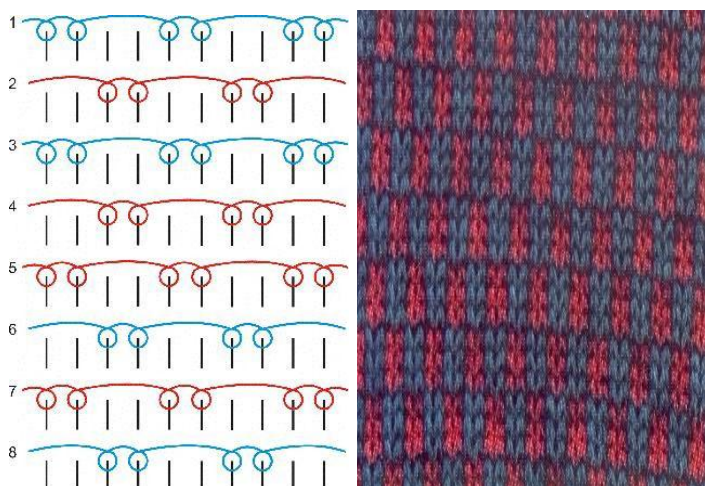


Figura 2.26 – Estrutura do Xadrez
Fonte: Neves (2000).

b.4. *Gaufré* ou Favinho: no *Gaufré* existe um limite prático de cinco a seis *fangs* seguidos em função do tipo de fio que está sendo trabalhado (ver Figura 2.27). Na largura do raporte deve-se utilizar número par de agulhas para que na repetição se possa centralizar o *fang*.

O aspecto do lado direito é o de pernas com diversos tamanhos de malhas. No lado avesso, tem-se pés e cabeças formando um losango. O tamanho desse desenho será formado em função dos seguintes fatores:

- a. Largura: do número de agulhas que separam os *fangs* + uma agulha para o *fang*;
- b. Altura: da quantidade de *fangs*.

A aplicação desses artigos implica basicamente *lingeries* e artigos para bebês.

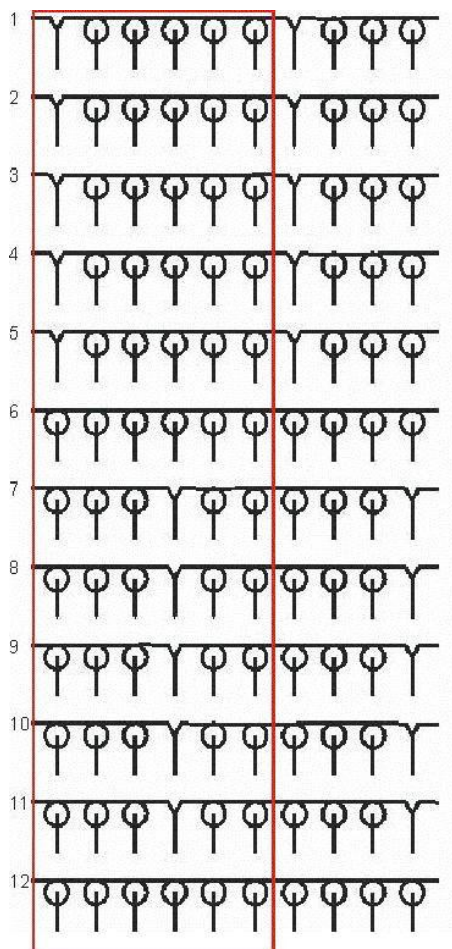


Figura 2.27 – Estrutura do *Gauffré*
 Fonte: Neves (2000).

2.2.2.6 Tecidos de malha para tear circular dupla frontura

Como o próprio nome indica, são máquinas possuidoras de duas fronturas de agulhas denominadas cilindro (na posição vertical) e disco (na posição horizontal) e são máquinas próprias para a produção de malhas duplas.

Os principais tecidos de malha por elas produzidos são o Rib, o Sanfonado e o *Interlock*. A grande variedade de tecidos fabricados por esse tipo de máquina encontra-se diretamente ligada às possibilidades de tecimento por elas apresentadas.

Em contraste às estruturas de malha monofrontura, os tecidos de malha dupla são produzidos em máquinas com duas fronturas de agulhas, alternando a formação de laçadas ora em uma frontura, ora na outra.

Apesar da família das malhas de dupla frontura incluir um grande número de estruturas de tecidos, todas produzidas em dois conjuntos de agulhas, as características e propriedades gerais são as seguintes:

a. Apresentam colunas de malha, tanto na face direita como no avesso do tecido, podendo ser iguais ou diferentes conforme o tecido produzido;

b. Os tecidos mais simples apresentam simetria em ambas as faces, direito e avesso, permitindo um maior balanceamento entre as colunas e diminuindo a tendência de enrolamento, o que facilita o manuseio do tecido;

c. Os tecidos de malha dupla são, normalmente, muito elásticos no sentido da largura. A razão que permite essa elasticidade é a forma como o tecido é obtido na máquina, permitindo que as colunas se coloquem em uma forma reta, quando esticados, e se recuperem para a forma original ao parar a força de estiramento;

d. Da mesma forma que os tecidos monofrontura, os tecidos de dupla frontura aceitam bem serem esticados no sentido do comprimento e, isso não significa dizer que eles são propriamente elásticos. No entanto, a capacidade de estiramento é relativamente limitada;

e. Os tecidos de malha dupla são mais volumosos e pesados, comparando-se com os tecidos monofrontura, mesmo se produzidos com fios idênticos e máquinas de mesma galga;

f. As malhas duplas podem ser facilmente desmalhadas pela parte superior do tecido (último curso que foi formado);

g. A maioria dos tecidos de malha dupla não pode ser desmalhado pela parte inferior do tecido devido à evolução do fio na formação das malhas. Ao se puxar um fio pela parte inferior, as malhas formam uma espécie de nó, bloqueando o percurso do fio para o desmalhamento; e

h. Nesses tecidos, uma malha rompida pode facilmente desencadear uma sequência de malhas corridas. A tendência dessas malhas corridas aumenta quando o tecido é produzido com fios menos ásperos (mais lisos), com laçadas maiores e quando o tecido é esticado.

A seguir são apresentadas as principais estruturas, básicas e diferenciadas, de tecidos de malha:

a) Estruturas básicas

a.1. *Rib* 1 x 1: também chamado de sanfona 1 x 1 ou punho 1 x 1, é o tecido mais simples em disposição *Rib* (agulhas do disco e cilindro em posição intercaladas). As malhas

são feitas alternadamente uma em cada frontura, ou seja, no disco e no cilindro. A Figura 2.28 apresenta a estrutura do *Rib 1x1*.

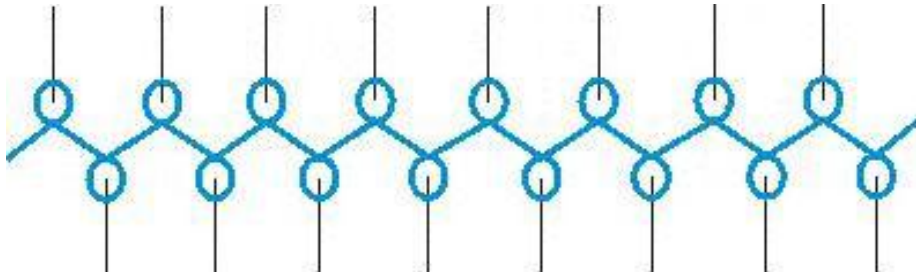


Figura 2.28 – Estrutura do *Rib 1x1*
Fonte: Neves (2000).

a.2. *Interlock*: também conhecido comercialmente por *Interlock* liso ou *Suedine*, é o tecido mais simples em disposição *Interlock* (agulhas do disco e cilindro em posição frente a frente). As malhas são feitas alternadamente uma em cada frontura, ou seja, no alimentador 1 tecem as agulhas curtas no disco e no cilindro e no alimentador 2 tecem as agulhas longas no disco e no cilindro. A Figura 2.29 apresenta a estrutura do *Interlock*.

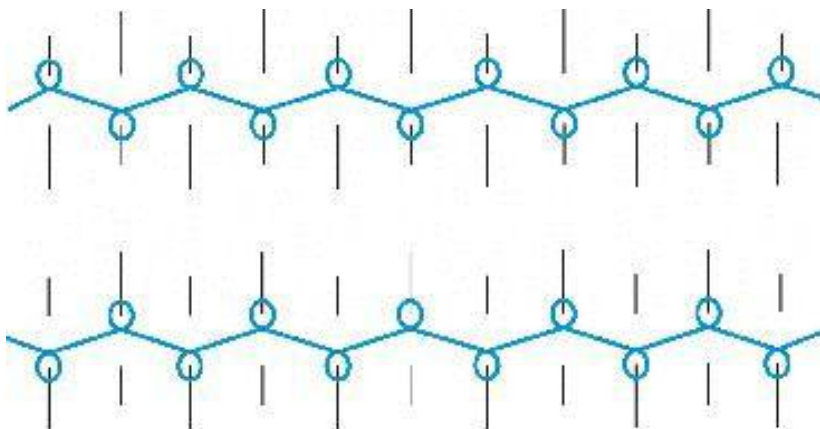


Figura 2.29 – Estrutura do *Interlock*
Fonte: Neves (2000).

b) Estruturas diferenciadas

Para permitir o tecimento destas estruturas diferenciadas, nas máquinas, há duas pistas de agulhas, tanto no cilindro quanto no disco. Existem máquinas que trabalham exclusivamente na disposição *interlock*, sendo que outras trabalham tanto em disposição *rib* quanto *interlock*.

Em máquina dupla frontura com duas pistas, as agulhas não são designadas por números, mas por letras K (do alemão *kurz* = curto) e L (*lang* = longo), ou, simplesmente, como agulhas curtas e longas.

A máquina de dupla frontura com quatro pistas no cilindro são muito versáteis, pois além de possuir quatro tipos de agulhas, pode trabalhar tanto em *Rib* quanto em *Interlock*.

As duas pistas do disco e as quatro pistas do cilindro podem ser programáveis por chaves, tornando a troca de artigos bem mais fácil e rápida. As chaves controlam os dispositivos móveis que formam os pontos de entrelaçamento. Para cada pista, existem duas chaves: uma responsável pela subida à posição de *fang*; e a outra, pela subida à posição de malha.

Na sequência, são apresentadas diversas estruturas conhecidas no mercado, derivadas das duas estruturas básicas, *Rib* e o *Interlock*, vistas anteriormente e que podem ser produzidas em teares com duas ou mais pistas. Nas Figuras 2.30 a 2.38 são observadas as seguintes estruturas de malhas produzidas em teares com dupla frontura.

Dupla Face 1: estrutura derivada do *Interlock*.

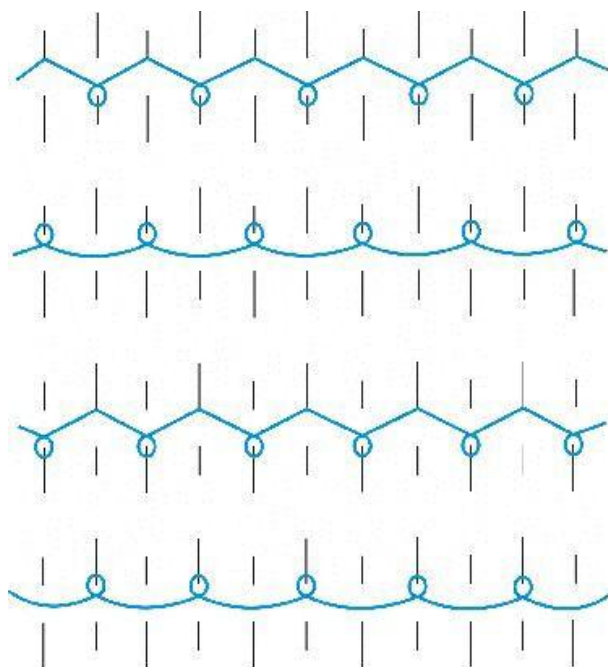


Figura 2.30 – Estrutura do Dupla Face 1
Fonte: Neves (2000).

Dupla Face 2: estrutura derivada do *Interlock*.

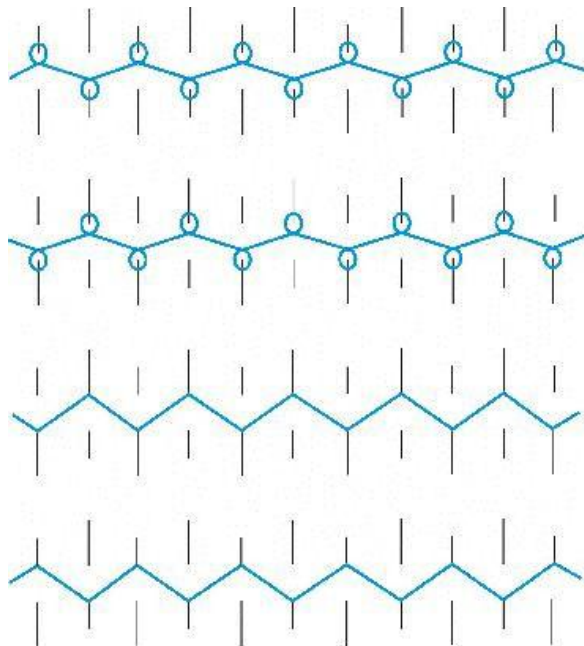


Figura 2.31 – Estrutura do Dupla Face 2
Fonte: Neves (2000).

Ponto Roma: estrutura derivada do *Interlock*.

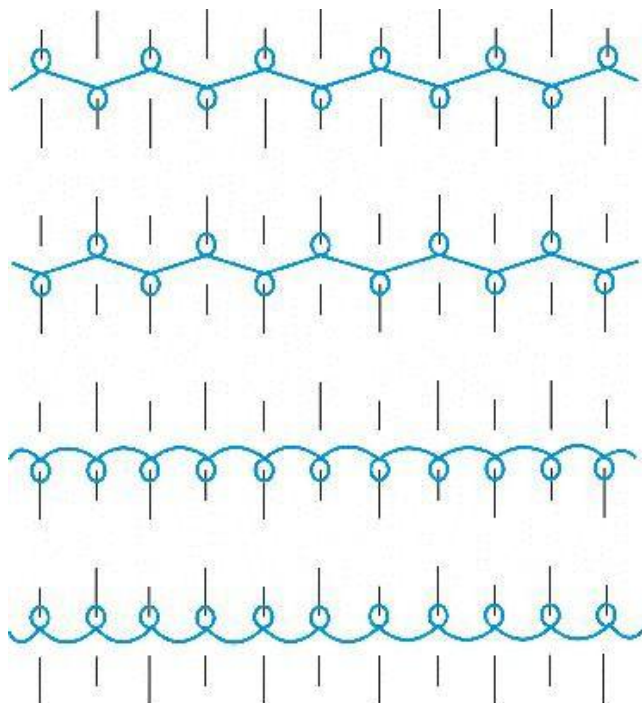


Figura 2.32 – Estrutura do Ponto de Roma
Fonte: Neves (2000).

Gorgurão Horizontal: estrutura derivada do *Interlock*.

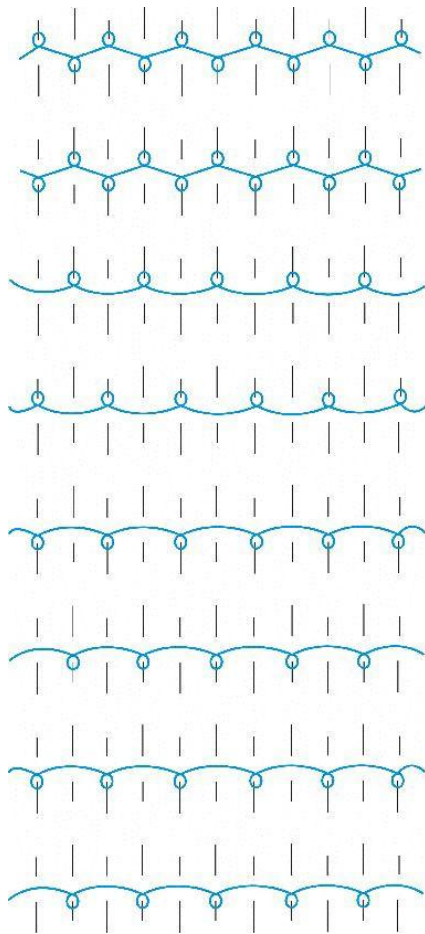


Figura 2.33 – Estrutura do Gorgurão Horizontal
Fonte: Neves (2000).

Piquê Francês: estrutura derivada do *Rib*.

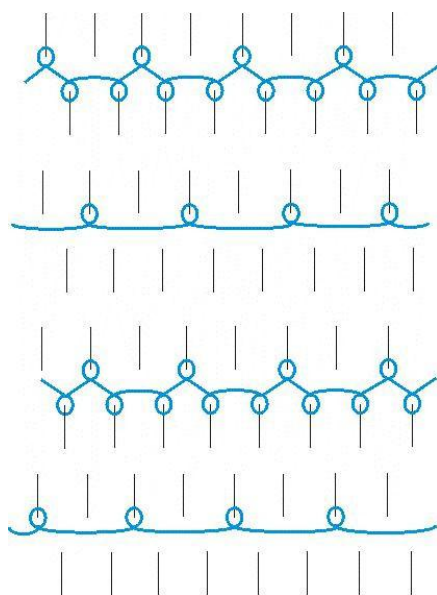


Figura 2.34 – Estrutura do Piquê Francês
Fonte: Neves (2000).

Piquê Suíço: estrutura derivada do *Rib*.

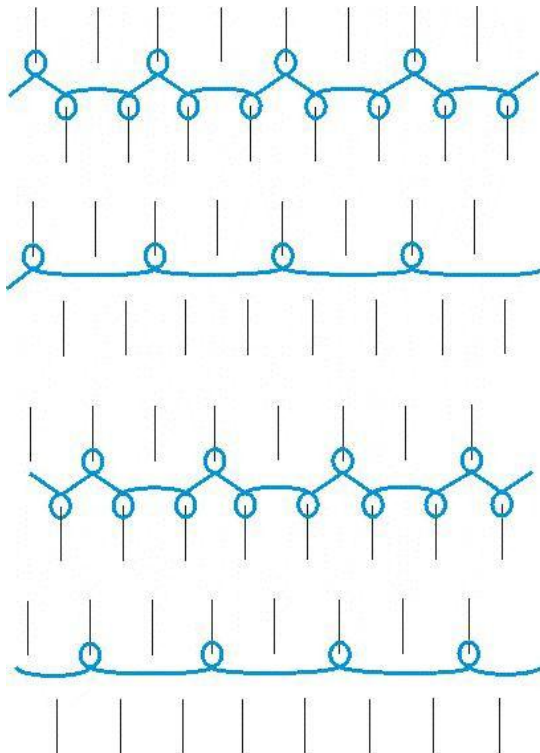


Figura 2.35 – Estrutura do Piquê Suíço
Fonte: Neves (2000).

Thermal: estrutura derivada do *Rib*.

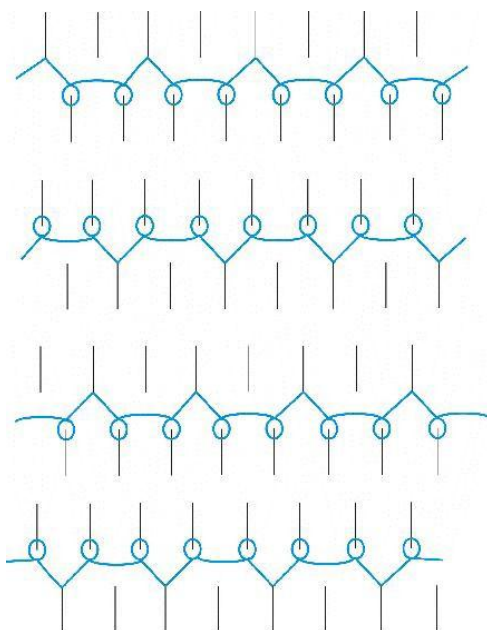


Figura 2.36 – Estrutura do *Thermal*
Fonte: Neves (2000).

Rib Perlé: estrutura derivada do Rib.

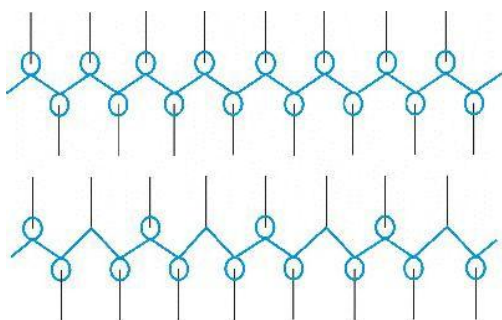


Figura 2.37 – Estrutura do Rib Perlé

Fonte: Neves (2000).

Eightlock: estrutura derivada do Interlock.

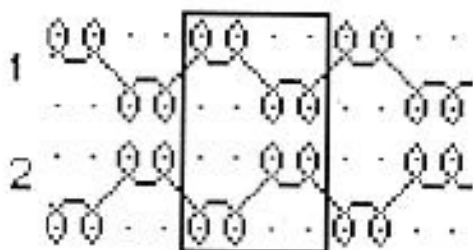


Figura 2.38 – Estrutura do Eightlock

Fonte: Neves (2000).

As estruturas de malhas vistas anteriormente, classificadas como básicas e diferenciadas e que estão contempladas para os dois tipos de teares (e.g. monofrontura e duplafrentura) são parte de um universo de tipos de tecidos de malhas já desenvolvidas.

Com esta amostragem é possível conhecer e compreender o grau de amplitude e dificuldade em termos de definição de padronagem, regulagem, tipos de teares e tipos de fios que serão envolvidos no processo de desenvolvimento de malhas. Todos estes parâmetros geram condições de infinitas possibilidades de novos tipos de tecidos de malha. Porém, deve-se sempre condicionar os novos desenvolvimentos de malhas com os recursos ou limites relacionados com o beneficiamento destas malhas.

2.2.3 Setor de Beneficiamento Têxtil

A etapa seguinte do processo produtivo constitui-se no beneficiamento. O termo beneficiamento define a última etapa de processamento têxtil e engloba o conjunto de

operações a que um tecido é submetido, desde a sua fabricação até estar apto para as fases de manufatura de corte e costura.

Nessa etapa objetiva-se, portanto, transformar os tecidos, a partir do estado cru, em artigos brancos, tintos, estampados e acabados. São executados processos respeitando as características dos materiais têxteis, que conferem conforto, durabilidade e propriedades específicas ao produto final. O acabamento é classificado em primário, secundário e terciário. No primeiro, realiza-se a remoção de impurezas decorrentes do processo de fabricação. No beneficiamento secundário, ocorrem as atividades de tingimento e estampagem, dando cor e desenhos ao produto têxtil. No processo final, são executadas atividades por meio de tecnologias específicas, que procuram agregar características especiais ao produto têxtil, tais como excelente estabilidade dimensional, toque agradável e outros (BRAGA JR. e HEMAIS, 1999).

Heywood (2003) divide os processos de beneficiamento em quatro fases:

1. Tratamento prévio ou preparação: conjunto de operações necessárias para preparar o material para ser tingido, estampado ou receber um dado acabamento;
2. Tingimento: operação de coloração uniforme do material têxtil;
3. Estamparia: consiste na aplicação de um desenho colorido no material têxtil; e
4. Acabamentos propriamente ditos: efetuados sobre o tecido já branqueado, tingido ou estampado, conforme o caso, de forma a torná-lo mais adequado para o fim desejado.

Todas as operações de beneficiamento anteriormente descritas estão diretamente relacionadas com a coloração do artigo têxtil, incluindo o próprio branco. Essas operações podem inclusive anteceder à fiação e à tecelagem. Mas antes do tecido ser enviado para a confecção, é necessário proceder ao melhoramento de certas propriedades que até esse momento não tinham sido consideradas como essenciais, tais como: aspecto, textura, brilho, maciez, amarrotamento, caimento, resistência e, principalmente, a estabilidade dimensional. Todas essas e outras propriedades são determinantes no valor que o consumidor atribui ao tecido e ao artigo confeccionado (ALFIERI, 1991).

Heywood (2003) subdivide o acabamento em:

- a. Acabamento Químico: baseia-se na aplicação de substâncias que vão reagir com as fibras ou cuja simples presença no tecido atua sobre as propriedades dos mesmos; e
- b. Acabamento Mecânico: caracterizado por alterar as propriedades dos tecidos apenas por ações físicas, modificando as formas geométricas das laçadas e do próprio tecido.

Conforme Cherem (2004), são quatro os principais processos de acabamento mecânico de um tecido, para qualquer que seja a rota escolhida:

a. Hidroextração: proporciona ao tecido uma pré-secagem, amaciamento e, no caso do fluxo tubular, um pré-encolhimento em úmido;

b. Secagem: completa o processo de relaxamento, devido à perda de umidade do tecido sob um fluxo de ar quente que resulta na evaporação rápida da água presente na fibra do tecido de malha. Com isso, promove o encolhimento, principalmente da largura do tecido de malha;

c. Compactação: promove o encolhimento no sentido do comprimento. Nessa fase, é que se obtêm todos os parâmetros desejáveis do tecido, em termos físicos de largura, gramatura e percentual de encolhimento; e

d. Enobrecimentos físicos: promove características especiais aos tecidos, como toque aveludado, peluciamiento, flanelagem e outros.

Segundo Kamiya *et al* (2000), a dificuldade de se desenvolver malhas está na complexa e sutil relação entre características estruturais, custos, aparência e comportamento.

A seguir serão apresentados os parâmetros e os cálculos envolvidos no momento de iniciar o desenvolvimento de uma nova estrutura de malha ou simplesmente realizar uma análise, em determinada amostra, baseada na engenharia reversa.

2.3 ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE TECIDO DE MALHA

O desenvolvimento de um tecido consiste na elaboração de um produto têxtil, no qual sua fabricação ocorre a partir da utilização do fio como matéria-prima, seguindo com o entrelaçamento e, se encerra, com o tecido acabado, orientando o fluxo da cadeia têxtil. Para que todo esse processo aconteça de forma planejada é preciso que o projetista de tecidos de malha saiba executar a análise do tecido de malha e buscar a melhor solução para atender as especificações solicitadas.

2.3.1 Parâmetros de Tecimento dos Tecidos de Malha

A necessidade de se efetuar cálculos é comum para o segmento de malharia, seja para o desenvolvimento ou para o planejamento e controle da produção. Dessa forma, serão apresentados os principais parâmetros que fundamentam toda a base para os cálculos da malharia.

2.3.1.1 Comprimento de ponto (CP ou ℓ)

O comprimento de ponto é definido como sendo a média do comprimento de fio inserido em cada laçada. O comprimento de ponto ou comprimento do fio no ponto é a unidade utilizada para o estudo do comportamento do tecido, em termos de estabilidade dimensional, o que, afinal, é a expressão da própria qualidade final do tecido. A Figura 2.39 apresenta em detalhes como ocorre a formação do ponto.

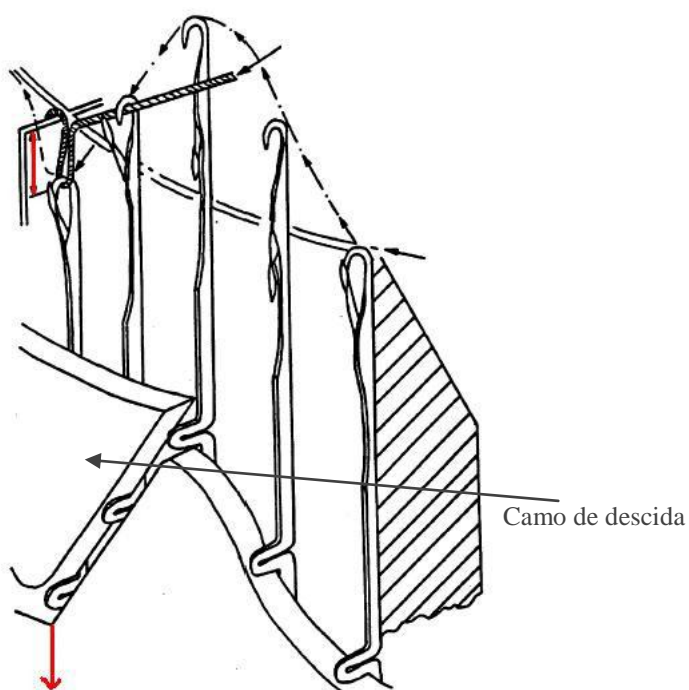


Figura 2.39 – Formação da Laçada – Comprimento do Ponto
Fonte: Lyer, Mammel e Schäch (1992).

O comprimento de ponto caracteriza entre outras coisas a compacticidade ou densidade do tecido. Se o comprimento do ponto for grande, o tecido será mais aberto, se o comprimento for pequeno, o tecido será mais fechado. Conforme é possível perceber na Figura 2.39, a regulagem do ponto é obtida de acordo com a posição dos camos de descida (dispositivo fixo nos blocos de tecimento responsáveis pela descida da agulha). Com o camo de descida mais alto, a agulha descerá menos, consumirá menos fio e formará uma malha de menor tamanho. Com o camo de descida mais baixo, a agulha descerá mais, consumirá mais fio e formará uma malha maior.

A determinação ou medição do comprimento de ponto se faz basicamente por duas vias. A primeira conhecendo-se por meio de uso de aparelhos, o consumo em metros de fio para cada volta da máquina, dividindo-se o valor do consumo por volta pelo número de agulhas da máquina. A segunda, de uma maneira prática e manual, desmalhando o tecido de malha, obtendo-se o comprimento do ponto pela divisão do comprimento do fio retirado pelo número de agulhas contempladas nesse espaço, conforme ilustrado na Figura 2.40 (MACEDO, 2009).



Figura 2.40 – Desmalhar a Malha Manualmente
Fonte: MACEDO (2009).

2.3.1.2 Densidade da malha

A densidade de um tecido de malha é igual ao número de carreiras ou cursos e colunas por unidade de comprimento. Em princípio, é um dos primeiros parâmetros a se considerar quanto à qualidade do tecido.

A contagem se faz com o auxílio de uma lente conta-fios e um estilete, contando-se em diferentes locais do tecido, obtendo-se pela média das contagens, uma expressão mais confiável desse valor. Fundamentalmente, a densidade de um tecido sofrerá variações, em função da abertura do ponto (comprimento do ponto), da tensão de puxamento do tecido e do título do fio. Representam-se as carreiras ou cursos pela letra “C” e as colunas pela letra “W”.

2.3.1.3 Título do fio

A determinação do título do fio se apresenta como um detalhe relativamente simples, uma vez que, segundo noções elementares de fiação, o título do fio expressa uma relação de peso e comprimento do fio.

Esse dado é obtido segundo instruções de análise de um tecido de malha ou ainda é possível obter o mesmo mediante o conhecimento do próprio peso por área do tecido.

2.3.1.4 Fator de cobertura

O principal fator determinante da densidade de um tecido de malha é o tamanho do ponto (comprimento do fio contido num ponto) que, por sua vez, será função do que se denomina Fator de Cobertura (FC) no tecido. O FC é expresso pelo resultado da divisão da raiz quadrada do título *Tex* do fio pelo comprimento do ponto. Seu valor definido como ótimo se encontra na faixa de 13,5 a 16,5 ($15 \pm 10\%$) (MACEDO, 2009).

Assim, um tecido de malha, usando-se fio de algodão com um fator de cobertura aproximadamente igual a 15, terá uma densidade determinada em função desse fator e terá também grandes chances de alcançar, depois de devidamente tratado, um excelente desempenho em termos de estabilidade dimensional.

Um exemplo prático seria:

a. Título do fio = 26/1 *Ne* (22,7 *Tex*)

b. Comprimento de fio contido no ponto (CP) = 0,3100 cm

Para cálculo do FC tem-se a equação (2.3).

$$FC = \frac{\sqrt{Tex}}{CP} \quad (2.3)$$

Onde:

\sqrt{Tex} = Raiz quadrada do título em *Tex*

CP = Comprimento do ponto

O fator de cobertura é muito importante porque determina o grau de aperto do tecido, ou seja, determina a relação existente entre o título do fio e o comprimento de ponto. Assim, à medida que o diâmetro do fio aumenta e o comprimento do ponto diminui, a densidade da malha aumenta e, portanto, aumenta a cobertura de pontos (carreiras e colunas) (MACEDO, 2009).

2.3.1.5 Largura do tecido

O tear circular impõe ao tecido de malha uma série de tensões residuais. No entanto, estas forças são ditas temporárias e não causadoras de deformidades permanentes, visto que após o processo de tecimento existem vários outros processos que irão provocar um relaxamento direto sobre o tecido cru.

O tipo de tear não afeta diretamente as propriedades dimensionais de um tecido de malha, partindo-se do princípio de que o título do fio e o comprimento de ponto em tecimento estejam sobre controle e dimensionados corretamente. Porém, o número de agulhas em

trabalho em um tear afeta diretamente as medidas do tecido de malha, isto é, determina o número de laçadas no sentido vertical do tecido de malha, ou seja, a quantidade de colunas e conseqüentemente a largura do mesmo (MACEDO, 2009).

A largura do tecido é determinada pela escolha do tear. Ou seja, a largura do tecido de malha se modificará dependendo do diâmetro dos teares e, conseqüentemente, do número de agulhas em trabalho. Logo, utiliza-se a equação (2.4) para calcular a largura do tecido acabado (LTA).

$$LTA (m) = \left(\frac{n^{\circ} \text{agulhas}}{n^{\circ} \text{agulhas} / \text{cm}} \right) \div 100 \quad (2.4)$$

2.3.1.6 Rendimento

Costuma-se denominar rendimento de um tecido a relação metro/kg desse tecido. Esse rendimento, então, irá variar, logicamente, em função da densidade - fator de variação do peso por área - e em função da largura do mesmo, tendo um rendimento maior um tecido cuja largura for menor, mantendo-se a mesma densidade. O cálculo para se conhecer o rendimento de um tecido é, na verdade, muito simples, tratando-se apenas de exprimir a relação conforme equação (2.5).

$$Rendimento(m/kg) = \frac{1000}{LTA \times G} \quad (2.5)$$

Onde,

LTA = Largura do Tecido Acabado (m)

G = Gramatura (g/m^2)

2.3.1.7 Gramatura

A gramatura representa a massa por unidade de superfície de um tecido. Para obter a gramatura de um tecido é apenas necessário pesar uma área conhecida e dividir o peso pela área. A sua determinação, no entanto, não é assim tão simples, uma vez que se torna necessário considerar a amostragem, o corte, a precisão da pesagem e da medição, bem como o teor de umidade da amostra.

Algumas balanças encontram-se graduadas em g/m² e podem ser utilizadas para medir a massa por unidade de superfície das amostras. Tal amostra é geralmente obtida com um molde de corte com 100 cm². Para o cálculo da gramatura, utiliza-se a equação (2.6).

$$\text{Gramatura (g/m}^2\text{)} = \frac{P}{A} \quad (2.6)$$

Onde:

P = Peso da amostra (g)

A = Área da amostra (m²)

2.3.1.8 L.F.A.

L.F.A é uma sigla derivada do termo francês *Langueur de Fil Absorbée*, que significa comprimento de fio absorvido. L.F.A é, portanto, o consumo ou comprimento de fio consumido ou absorvido pelas agulhas em uma volta do tear.

O L.F.A permite caracterizar facilmente uma malha. Além da regularidade de absorção do fio entre carreiras de malhas, constitui um elemento essencial da regularidade de aspecto do tecido e também para os cálculos de previsão de produção.

$$L.F.A (cm) = NA \times CP \quad (2.7)$$

Onde:

$L.F.A.$ = Comprimento de fio por volta do tear

NA = Número de agulhas do tear

CP = Comprimento de Ponto (cm)

2.3.2 Estabilidade Dimensional

Dentro da indústria têxtil, a estabilidade dimensional é entendida como a característica de um tecido conseguir manter as dimensões atingidas no momento de sua fabricação, sem sofrer alteração dimensional pelo próprio uso (CHEREM, 2004).

A procura por tecidos de malha ocorre essencialmente pelo extremo conforto que oferecem ao vestir, por serem formados a partir de laçadas, possuir uma característica elástica e certa porosidade que lhe confere excelente conforto (PEZZOLO, 2007). Em contrapartida a todo esse conforto, os tecidos de malha produzidos a partir de fibras de algodão apresentam certa instabilidade dimensional. Essa característica pode comprometer não somente as especificações de largura e comprimento, como também a qualidade do produto. Tecnicamente, essa característica é conhecida por alteração dimensional (CHEREM; SOUZA e SOUZA, 2005).

Sendo assim, o conteúdo explanado anteriormente dos conceitos básicos sobre fibras, fios, tecidos, além de processos de produção têxtil, malharia e beneficiamento, auxiliam para uma melhor compreensão da alteração dimensional.

Para estudar essa instabilidade, com foco em tecidos de malha, é preciso mais do que compreender o que ocorre no relaxamento do tecido de malha, provocando encolhimento e torções indesejáveis. Para alcançar os resultados desejados de estabilidade dimensional é fundamental realizar um estudo da geometria dos tecidos e das suas propriedades físicas e dimensionais, como também entender os métodos de produção dos tecidos de malha.

Segundo Araújo e Castro (1987), na indústria do vestuário o tecido é parte preponderante do sucesso de uma nova coleção. Para a escolha adequada do tecido como matéria-prima, devem-se levar em conta as características do tecido que tem influência na fabricação: massa por unidade de área, diâmetro do fio, irregularidade na largura, contração no comprimento e na largura, defeitos localizados, eletricidade estática (provocada pelo atrito do fio nos componentes do tear), enrolamento das bordas, estabilidade dimensional, desvio angular e variação da tonalidade.

Portanto, uma das chaves do sucesso para atender ao mercado, que exige por tecidos básicos e tecnológicos de alto desempenho, está na habilidade de se desenvolver novos e melhores tecidos de malha o mais rápido possível, a um custo justo e com qualidade.

2.3.2.1 Alteração Dimensional

O conhecimento do processo da alteração dimensional do tecido de malha é questão principal para o estudo do fator de cobertura para previsão das características da qualidade. Uma vez que se compreende como e quais são as variáveis (e.g. título do fio, comprimento do ponto) que influenciam na alteração dimensional dos tecidos de malha, pode-se, a partir daí, desenvolver equações e correlações matemáticas que vão determinar o comportamento futuro de um tecido de malha.

O comportamento dimensional de um tecido de malha possui três variáveis, que são interdependentes entre si:

- a) gramatura do tecido;
- b) largura do tecido;
- c) densidade ou a quantidade de cursos e colunas, por unidade de comprimento.

Caso alguma dessas variáveis sofra qualquer alteração, o comportamento dimensional nos tecidos não mais será o mesmo. Ou seja, se a densidade do tecido for aumentada, a sua gramatura aumenta e o comprimento e/ou a largura diminuem. Com isto, a alteração dimensional será diferente das características do tecido de malha original.

2.4 A APLICAÇÃO DO FATOR DE COBERTURA NA MALHARIA

O fator de cobertura é considerado um indicativo de abertura e aperto da estrutura do tecido de malha, influenciando as dimensões do tecido como largura, comprimento, peso/m², entre outras características.

2.4.1 O Uso do Fator de Cobertura – Aplicação em Estudos Têxteis

Existem diferentes conceitos e equações de cálculo do fator de cobertura para tecidos de malha por trama. Para Araújo e Castro (1987), o fator de cobertura também é conhecido como grau de aperto. Com esse cálculo é possível comparar o aperto de uma estrutura de tecido de malha por trama em relação a outras estruturas de malhas, podendo analisar o efeito nas propriedades dimensionais.

Entretanto, esses mesmos autores indicam que o grau de aperto (K) é um padrão para todas as estruturas de malha de trama, conforme a estrutura mais básica, o *Jersey* ou a meia malha. Porém, não deixa explícito o estudo, por exemplo, como é feito o cálculo do K para estruturas básicas tecidas com mais de um tipo de fio no mesmo tecido de malha, ou então para utilização nas malhas diferenciadas.

Em seu estudo sobre a alteração dimensional dos tecidos de malha em algodão, Cherem (2004) apresenta diversas variáveis, existentes na malharia e no beneficiamento, que influenciam diretamente no comportamento do tecido de malha quando este é processado ou atinge o seu estado de referência (i.e. completamente relaxado).

As variáveis podem ser classificadas como:

- a. Na malharia: tipo de fibra, tipo de fio, título do fio, tipo de tear e comprimento do ponto; e
- b. No beneficiamento: densidade da malha (quantidade de cursos e colunas), o processo de tingimento e o processo de acabamento.

Para o estudo, o autor utilizou a mesma equação de Araújo e Castro (1987) para o cálculo do fator de cobertura, ou seja, a mesma equação (2.3) apresentada na seção 2.3.1.4. Como conceito de fator de cobertura, Cherem (2004) define o grau de aperto do tecido ou a relação existente entre o título do fio e o comprimento do ponto, ou seja, à medida que o diâmetro do fio aumenta e o comprimento do ponto diminui, a densidade da malha aumenta e, portanto, aumenta a cobertura de pontos (cursos e colunas).

Em outro estudo, Filgueiras (2008) apresentou um trabalho de investigação que tem como principal objetivo a otimização total do *design* de peças de vestuário desportivo para atletas profissionais, prevendo a sua aplicação ao desenvolvimento de uma camiseta multifuncional para jogadores de futebol profissional. Nesse estudo, o fator de cobertura aparece como um dos parâmetros para obter características diferenciadas nos tecidos de

malha. Na análise dos resultados dos experimentos, o fator de cobertura é considerado em todas as amostras pelo fato de envolver tanto a matéria-prima (fio) quanto a regulagem do tear (comprimento do ponto).

No estudo de têxteis técnicos, Rosário (2008) também utiliza o fator de cobertura como um dos parâmetros para comparar os diversos protótipos de tecidos desenvolvidos. O objetivo principal do estudo foi o desenvolvimento de vestuário interior, baseado em estruturas multifuncionais do tipo “*patchwork*”, onde cada área apresenta propriedades funcionais específicas, de acordo com os requisitos da zona do corpo humano com a qual se encontra em contato.

Sanches (2006) utilizou o fator de cobertura como um dos parâmetros para desenvolver um procedimento para auxiliar o desenvolvimento de produtos têxteis, utilizando técnicas de planejamento de experimentos e métodos de apoio à tomada de decisão. O trabalho teve como objetivo propor uma sequência de etapas que oriente o processo de tomada de decisão sobre a escolha de uma matéria prima para fabricação de artigos para vestuário.

Segundo a MIB – Modelagem Industrial Brasileira (2010), não existe uma tabela para o encolhimento dos tecidos. Há um percentual de encolhimento provocado pelo beneficiamento, de acordo com o entrelaçamento, o tipo de fibra e a qualidade do fio, impossibilitando de se chegar a um padrão de encolhimento.

No tecido de malha, mesmo sendo feito com fibras instáveis (e.g. algodão), é possível evitar alterações dimensionais que comprometam a qualidade do produto, através do controle de qualidade da cadeia produtiva, do fio à peça acabada.

Heap e Stevens (1992) resumem muito bem a melhor opção para obter-se a melhoria do desempenho dos tecidos de malha em algodão. De um modo geral, requerem-se três principais elementos, cada qual com certo grau de dependência entre si:

- a) um sistema racional de engenharia de desenvolvimento de tecido;
- b) um sistema de garantia de qualidade do tecido desenvolvido;
- c) um programa de desenvolvimento tecnológico e do conhecimento.

De acordo com Schaefer e Oliveira (2011), esse problema está ligado às variantes de malharia (tipo de fibra, titulação do fio, comprimento do ponto e tear) e de beneficiamento (processo de acabamento e tingimento). Desta forma, quando aparecem as variáveis como título do fio e comprimento de ponto, o fator de cobertura está envolvido, uma vez que o cálculo deste depende das duas variáveis citadas.

Caso alguma dessas variáveis sofra qualquer modificação, os comportamentos dimensionais nos tecidos não mais serão os mesmos. Ou seja, se a densidade do tecido for

aumentada, a sua gramatura sobe e o comprimento e/ou a largura diminuem. Consequentemente, haverá uma influência na alteração dimensional em relação ao tecido de malha original.

Portanto, a estabilidade dimensional é uma das principais características para a qualidade dos tecidos de malha circular, assim como para a padronização de medidas. Logo, pretende-se com esta pesquisa esclarecer como esta estabilidade dimensional do tecido de malha pode ser prevista através da aplicação matemática do cálculo do fator de cobertura na malharia ainda na fase de projeto na engenharia no PDP.

2.4.2 Modelo de Fator de Cobertura para Tecidos de Malha

Segundo Araújo; Castro (1986-87), o fator de cobertura pode ser definido como sendo a razão entre a área do tecido coberta pelo fio e a área total do tecido. A Figura 2.41 ilustra a cobertura de uma malha.

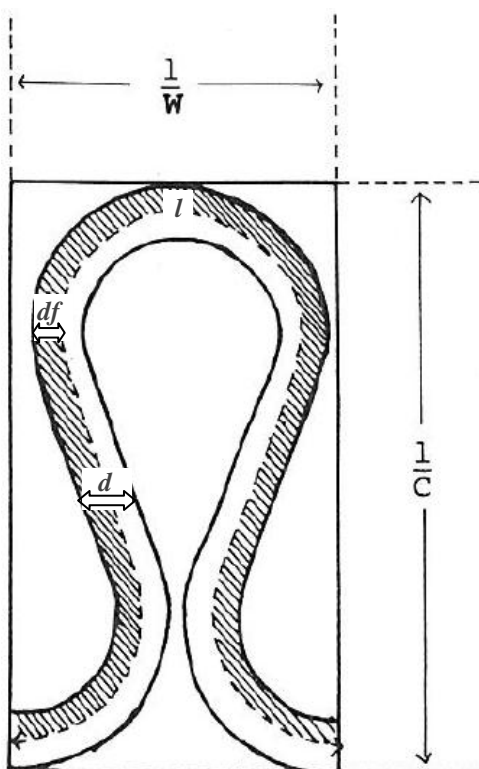


Figura 2.41 – Cobertura de Uma Malha
Fonte: Araújo; Castro (1986-87).

Onde:

l – comprimento da laçada (ponto)

d – diâmetro do fio grosso

d_f - diâmetro do fio fino

C – cursos por cm

W – colunas por cm

S – densidade da malha em laçadas por cm²

ld – área da laçada tomada pelo fio

$1/W \times 1/C = 1/S =$ área total ocupada pela laçada

Conforme visto na Figura 2.41, têm-se dois fios posicionados um sobre o outro, de forma que seja possível perceber que o fio mais grosso ou de maior diâmetro (d) dá mais cobertura do que o fio mais fino ou de menor diâmetro (d_f).

A partir dessas informações toma-se como base a linha de raciocínio de Grosberg para a obtenção da nova equação para cálculo do fator de cobertura.

O professor Grosberg nasceu em Joanesburgo, África do Sul, em 1925. Mesmo tendo formação em física, matemática, química e mestre em engenharia mecânica, entrou para o Instituto de Pesquisa SAWTRI (pesquisa da lã têxtil) em 1950. Em 1955 sua pesquisa sobre mecanismos de máquinas de fiação e tricô de lã, e sobre as propriedades físicas de tecidos de malha, marcou-o como um talento considerável e, em 1961, com a idade de 36, foi nomeado professor de pesquisa de engenharia têxtil. Ele foi o autor de vários livros, incluindo uma Introdução aos Mecanismos Têxteis (1968) e, em conjunto com Hearle e Backer, Mecânica Estrutural de Fibras, Fios e Tecidos, vol. 1 (1969). Ele também tinha muitos artigos publicados em revistas têxteis e outras revistas científicas (LEEDS, 2012).

O critério para utilização da equação proposta por Grosberg está condicionado a sua relevância na literatura e consistência diante da utilização da mesma em diversos estudos, conforme descrito na seção 2.4.1.

A seguir é apresentada a linha de raciocínio de Grosberg para formação da equação:

$$K_{cob} = \frac{\text{área da laçada tomada pelo fio}}{\text{área total ocupada pela laçada}}$$

$$K_{cob} = \frac{ld}{1/S} = Sld \quad (2.8)$$

Onde:

K_{cob} = fator de cobertura

Considerando que,

$$S = \frac{K_s}{l^2} \quad (2.9)$$

$$K_{cob} = \frac{dK_s}{l} \quad (2.10)$$

Assumindo que a área da unidade estrutural é d^2/cm^2 , pode-se então definir a equação (2.11) subtraindo $4d^2$ à área da laçada tomada pelo fio.

$$K_{cob} = \frac{K_s d - 4d^2}{l} \quad (2.11)$$

$$K_{cob} = \frac{d(K_s - 4s)}{l} \quad (2.12)$$

Na sequência, Grosberg percebeu que na prática o diâmetro do fio é difícil de medir, uma vez que seu diâmetro varia ao longo do seu comprimento. Logo, achou mais conveniente substituir o diâmetro por uma expressão que incluía o título (*Tex*) do fio, conforme equação (2.13).

$$d = 4,44 \times 10^{-3} \sqrt{\frac{tex}{p_f x cm}} \quad (2.13)$$

e substituir na equação (2.14), onde:

$$K_{cob} = \frac{K_s \times 4,44 \times 10^{-3} \left(\sqrt{\frac{tex}{p_f x cm}} \right) - 4 \left(4,44 \times 10^{-3} \sqrt{\frac{tex}{p_f x cm}} \right)}{l} \quad (2.14)$$

Porém, a equação (2.14) se tornou complexa, e para encontrar uma solução mais simples, Grosberg decidiu aproveitar o fato do diâmetro do fio ser proporcional à raiz quadrada do *Tex*. Com isso, eliminou todas as constantes da equação. Sendo assim, obteve uma expressão chamada grau de aperto ou fator de cobertura, que é muito aplicada na indústria de malhas.

$$\text{Fator de cobertura (K)} = \frac{\sqrt{\text{tex}}}{l} \quad (2.15)$$

Onde:

K = fator de cobertura ou grau de aperto

$\sqrt{\text{tex}}$ = raiz quadrada do título do fio em *Tex*

l = comprimento do ponto (cm)

Segundo Araújo; Castro (1986-87), análises empíricas realizadas somente em malhas *Jersey*, consideradas comercialmente de qualidade, indicam que o resultado do cálculo do fator de cobertura padrão deve ter um valor de $K = 15 \pm 10\%$.

Quanto às variáveis da equação de Grosberg, comprimento de ponto e título do fio, estes também podem se alterar durante o processo de fabricação dos tecidos, mas esta variação é pouco significativa à medida que o tecido de malha adquire seu estado de relaxamento. Portanto, não são variáveis determinantes na formação geométrica da laçada. Na maioria dos casos onde há a alteração dimensional de um tecido de malha, as causas são devido às alterações do formato das laçadas; portanto, a influência da formação geométrica da laçada é muito maior para a alteração dimensional do tecido de malha do que as alterações de título de fio ou do comprimento da própria laçada, o que confirma o postulado de Munden de 1959 (*apud* CHEREM; SOUZA E SOUZA, 2005).

Portanto, neste capítulo, foram relatadas as principais questões que caracterizam a indústria da malha, ressaltando-se a importância da indústria têxtil, tanto na economia internacional quanto na nacional.

Ainda, destacou-se o posicionamento da malharia dentro da cadeia têxtil e, com isso, foi possível entender que esse setor não está inserido dentro de um processo produtivo e, por isto, depende dos setores que o antecede como também dos setores subsequentes. Os processos que o antecedem - como a fiação que fornece a matéria-prima - e o processo

posterior - como o beneficiamento que promove as características finais da malha - estão interligados incondicionalmente.

Também, foram identificados os principais conceitos e aspectos técnicos para a produção dos tecidos de malhas necessários para o entendimento da questão central deste estudo. Por fim, foi caracterizada a técnica de tecimento dos principais tecidos de malha, definição das malhas básicas, diferenciadas com suas principais estruturas e, ainda, apresentados os cálculos necessários para sua produção. Com essas informações, foi possível identificar e entender em que momento e situações o cálculo do fator de cobertura interfere no processo de desenvolvimento.

Para compreender melhor a importância da aplicação do fator de cobertura, foi apresentado um histórico de quatro trabalhos científicos. Neles, o fator de cobertura está presente como uma das variáveis dos experimentos que influenciam diretamente sobre a alteração dimensional dos tecidos de malha em algodão prejudicando a qualidade. Na literatura pesquisada, é nítida a importância dada pelos autores sobre a questão da aplicação do fator de cobertura como um indicativo da qualidade dos tecidos de malha, para assim obter sucesso no lançamento de seus produtos.

Nos estudos apresentados, é possível notar, também, que o conhecimento detalhado das propriedades dos tecidos de malha oferece informações relativas ao seu comportamento potencial e permite definir parâmetros para as suas finalidades e aplicações. Ainda, auxilia nos processos de fabricação, no estabelecimento de previsões precisas de engenharia e assegura as suas funcionalidades.

Por fim, apresentaram-se considerações adicionais a respeito das variáveis de malharia, visto que são variáveis diretas e indiretas às características da qualidade dos tecidos de malha, as quais, portanto, devem estar sobre restrito controle operacional durante a fase de desenvolvimento e produção.

No próximo capítulo será mostrado o formato metodológico aplicado nesta pesquisa para tratar do tema do problema identificado e colocado como objetivos - geral e específicos - do trabalho. E ainda, para diagnosticar como ocorre na prática a aplicação do fator de cobertura nas malharias, foi planejada e executada uma pesquisa de campo que também será apresentada no próximo capítulo.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Com a intenção de caracterizar o processo de fabricação dos tecidos de malha em diversas malharias da região de Jaraguá do Sul-SC, esta pesquisa foi planejada com o objetivo de diagnosticar a forma com que essas indústrias desenvolvem seus produtos. Sendo assim, pretende-se identificar o conhecimento, a importância e a forma com que o fator de cobertura está sendo aplicado como um indicativo de qualidade.

O presente capítulo tem como principal objetivo sistematizar a metodologia que será executada, apresentando as principais entregas e atividades correlacionadas.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Como método de trabalho, esta dissertação segue uma linha de raciocínio no processo de pesquisa fundamentada no método dedutivo, o qual tem o objetivo de explicar o conteúdo das premissas, por intermédio de uma cadeia de raciocínio, até chegar a uma lógica capaz de elaborar um novo fator de cobertura.

Do ponto de vista de sua natureza, este trabalho é aplicado, pois gera conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução da questão de pesquisa levantada, ou seja, se é possível adequar o atual fator de cobertura para que seja aplicado também em estruturas de tecidos de malhas de trama diferenciadas.

Quanto à forma de abordagem, trata-se de uma pesquisa quantitativa por traduzir a hipótese de pesquisa em números, classificando-os e analisando-os.

Quanto aos seus objetivos, é uma pesquisa explicativa, pois visa a identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência do fenômeno das alterações dimensionais dos tecidos de malha.

Dada a fundamentação teórica necessária, pretendeu-se ainda aplicar como procedimento técnico um experimento, selecionando-se diversas estruturas de malhas para aplicar o novo modelo de cálculo entre diversos participantes de empresas da região de Jaraguá do Sul.

O presente trabalho propõe uma contribuição relevante para a indústria têxtil, por permitir uma ampliação do uso do fator de cobertura e aplicar um modelo conceitual de desenvolvimento, previsão e controle do comportamento físico dos tecidos de malha.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para um melhor planejamento, os procedimentos metodológicos foram relacionados em entregas. No Quadro 3 são apresentados os objetivos correlacionados com as entregas e os respectivos períodos de execução desta dissertação.

Objetivos	Entregas	Cronograma
a) Conhecer o estado-da-arte na aplicação do fator de cobertura para a previsibilidade das características da qualidade dos tecidos de malha, aplicáveis ao segmento de malharia por trama	- Revisão bibliográfica dos estudos e aplicações do fator de cobertura - Revisão bibliográfica da cadeia têxtil e técnicas de malharia	Set-Out de 2012
b) Levantar as práticas mais comuns adotadas pelas empresas do segmento de malharia circular por trama no cálculo e aplicação do fator de cobertura	- Diagnóstico da aplicação prática do cálculo do fator de cobertura	Out-Nov-Dez de 2012
c) Relacionar os tecidos de malhas diferenciados que são mais utilizados no mercado da moda, para os quais não é considerado o fator de cobertura para a previsão das características da qualidade	- Relação de tecidos de malha classificados por básicos e diferenciados	Out-Nov-Dez de 2012
d) Conceber um conjunto de variáveis que permitam, aos designers de malhas, a previsão das características da qualidade, através do estudo do cálculo do FC	- Modelo IPC e as variáveis diretas e indiretas que influenciam no cálculo	Janeiro de 2013
e) Validar o fator de cobertura através de exemplificação com a sua aplicação matemática em diversos tipos de estruturas de malhas, básicas e diferenciadas	- Ferramenta de apoio ao cálculo do fator de cobertura - Experimento do modelo proposto - Estudo comparativo entre o FC e o IPC para diversas estruturas de malhas	Jan-Fev-Mar de 2013

Quadro 3 – Objetivos, Entregas e Cronograma

3.2.1 Entrega 1 - Revisão Bibliográfica

No âmbito de estrutura deste trabalho científico, buscou-se uma orientação no conhecimento disponível na revisão bibliográfica de três temas centrais: conjuntura e importância da indústria têxtil nacional; conhecimento da teoria e prática da tecnologia têxtil; estudos anteriores sobre a aplicação do fator de cobertura como indicativo da qualidade dos tecidos de malha.

Em suma, a pesquisa bibliográfica contribuiu para:

1. Obter informações a respeito do assunto e dos aspectos já levantados;
2. Conhecer as principais publicações sobre a aplicação do FC; e
3. Mostrar através da literatura publicada a importância do tema pesquisado.

3.2.2 Entrega 2 – Levantamento Diagnóstico

Na sequência, é possível visualizar todo o processo para a realização do levantamento diagnóstico nas malharias (indústrias de tecidos de malha).

Em síntese, o levantamento diagnóstico contribuiu para:

1. Obter informações a respeito das empresas e dos profissionais da área;
2. Identificar os principais tipos de tecidos de malha desenvolvidos;
3. Diagnosticar o grau de conhecimento, de importância e de aplicação do FC no desenvolvimento de malhas; e
4. Detectar, nos entrevistados, a prática e qual a forma de cálculo para o FC.

3.2.2.1 Caracterização das empresas-alvo

A pesquisa foi direcionada para as malharias que possuem desenvolvimento próprio de tecidos de malha, para a produção de vestuário ou para venda a terceiros. Outra

característica importante para a definição das empresas é a de possuir um profissional ou departamento responsável pelo desenvolvimento.

Este estudo abordou profissionais em treze malharias classificadas em grande, médio e pequeno porte, localizadas na região norte de Santa Catarina. Quanto ao motivo da região escolhida para seleção das empresas e dos profissionais participantes, dá-se pelo fato de a região ser um dos maiores pólos têxteis de malha do Brasil e, ainda, por possuir escolas que ministram cursos técnicos na área têxtil, podendo ser um difusor de tecnologia de desenvolvimento de produtos em malha. Segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC (2012) são considerados São Paulo, Vale do Itajaí, Minas Gerais e Rio de Janeiro como os quatro grandes pólos têxteis e de confecção no Brasil.

Para esta pesquisa, foi considerado como universo ou população existente o profissional responsável pelo departamento de desenvolvimento de produtos e aos que atuam como membros da equipe de desenvolvimento de produtos.

A escolha desses profissionais resulta do fato de se entender que estes possuem, segundo suas atribuições, o conhecimento mínimo específico e a prática sobre o tema em estudo a que esta pesquisa se propõe e, assim, contribuir com as informações necessárias para a presente pesquisa.

O critério de seleção das empresas está relacionado a três fatores: o primeiro diz respeito ao fato de o pesquisador deste trabalho possuir maior facilidade de acesso em determinadas malharias e por trabalhar como educador neste segmento da indústria têxtil; o segundo envolve a representação que as empresas selecionadas exercem aos estarem localizadas num dos maiores pólos têxteis de malha do Brasil, a região Norte de Santa Catarina; por último, tem-se volume e padrão de desenvolvimento de novos tecidos de malha quase que constante das empresas.

3.2.2.2 Planejamento da pesquisa de campo

Para o andamento da pesquisa de campo, foi elaborado um questionário para o levantamento diagnóstico, apresentado no apêndice A, em que constam questões relativas a temas pré-definidos.

Os assuntos abordados são:

a) Caracterização da empresa: são informações gerais relacionadas com o campo de atuação e principais produtos produzidos;

b) Características do profissional: busca o conflito entre a experiência e o grau de envolvimento com o desenvolvimento dos tecidos de malha;

c) Desempenho no PDP: identifica se a qualidade é considerada como um dos principais fatores de desempenho no desenvolvimento dos tecidos de malha e índice de reprovação;

d) Fator de cobertura: busca diagnosticar o grau de conhecimento, de importância e de aplicação desse indicativo da qualidade pela empresa; e

e) Teste teórico de aplicação: detecta se os entrevistados realmente conhecem e qual a forma de cálculo para aplicação do fator de cobertura.

Após definidas as perguntas para o questionário, foi adotado o seguinte procedimento:

1. Encaminhamento de uma carta solicitando a autorização para a pesquisa de campo, explicando os motivos e a relevância da aplicação desta pesquisa. Ainda, buscou-se o apoio e a compreensão quanto à veracidade das informações, bem como deixar clara a discrição e confidencialidade da empresa e do profissional envolvido na pesquisa;

2. Contato com o responsável pelo gerenciamento do processo de desenvolvimento de produto e com os membros da equipe de desenvolvimento, por meio de uma carta de apresentação, a qual convida para participar da pesquisa, comunicando o tema do estudo, a metodologia utilizada e a importância da participação da empresa no referido estudo; e

3. Entrevistas que ocorreram no período de setembro a dezembro de 2012.

Conforme critério de seleção e sigilo anteriormente citados, as empresas foram denominadas nesta pesquisa conforme abaixo:

a. Grupo A - empresas de grande porte: A1, A2, A3;

b. Grupo B - empresas de médio porte: B1, B2, B3, B4; e

c. Grupo C - empresas de pequeno porte: C1, C2, C3, C4, C5, C6.

3.2.3 Entrega 3 – Relação de Tecidos de Malha Básicos e Diferenciados

Para a construção desta entrega foi elaborada uma questão no levantamento diagnóstico, de forma que se pudessem coletar os principais tipos de tecidos desenvolvidos e produzidos pelas empresas entrevistadas.

Contudo, para atender a esse objetivo de forma integral, foi preciso fundamentar essa classificação através de uma pesquisa na bibliografia técnica específica da indústria têxtil e de moda. Portanto, algumas informações técnicas complementares estão incluídas na pesquisa bibliográfica no Capítulo 2.

3.2.4 Entrega 4 – Modelo IPC e as Variáveis Diretas e Indiretas

Essa entrega foi concebida, também, através da revisão da bibliografia. Apresentou-se a relação de todas as variáveis diretas e indiretas que influenciam no cálculo do fator de cobertura.

Nesse caso, foi preciso pesquisar primeiramente a equação de Grosberg para o cálculo do fator de cobertura e, assim, investigar e compreender cada variável, principalmente, as que possuem correlação com a matéria-prima e os equipamentos envolvidos.

As variáveis estão contempladas no desenvolvimento do modelo proposto IPC.

3.2.5 Entrega 5 – Ferramenta, Experimento e Validação do IPC

a) Ferramenta de apoio

Nessa entrega, foi apresentada uma ferramenta de apoio ao cálculo do fator de cobertura, uma vez que se entende que nas malharias não se aplica mais o cálculo realizado

manualmente. Mesmo assim, esta dissertação também apresenta as etapas para o cálculo nesta modalidade, caso haja interesse ou necessidade.

Visando não somente à agilidade no processo de cálculo do IPC, como também a facilidade ao implementar o modelo IPC, desenvolveu-se uma ferramenta para prover este suporte. Esta utiliza como interface um programa de planilha eletrônica, sendo que para este estudo utilizou-se o Excel da Microsoft, pelo fato de ser um dos aplicativos mais usuais no mundo.

b) Experimento

Nesta seção será abordada a experimentação do modelo proposto. Serão relatadas todas as etapas e as definições dos parâmetros adotados no experimento. Ainda, serão apresentados os resultados, as considerações dos participantes e, ao final, tem-se a avaliação do uso da ferramenta.

b.1. Planejamento do experimento

Primeiramente, é exposto o método para aplicação do experimento, bem como todos os parâmetros do cálculo e, também, a definição dos profissionais desenvolvedores de malha que participarão do experimento;

b.2. Reconhecimento e definição do problema

As características dimensionais dos tecidos de malha dependem quase que exclusivamente do comprimento de fio contido em uma laçada. Trabalhando-se com o sistema de alimentação positiva que controla o comprimento de fio consumido pelas agulhas, o comprimento da laçada é o parâmetro fundamental no controle da qualidade e das dimensões do tecido (ARAÚJO; CASTRO, 1984).

O fator de cobertura contempla o fio e o comprimento de ponto. Esses dois parâmetros influenciam diretamente nas propriedades dimensionais dos tecidos de malhas, pois quanto maior for o valor do fator de cobertura menor será o comprimento da laçada e mais grosso será o fio, e vice-versa. Já o número de colunas/cm é uma variável que está ligada à galga da máquina (ARAÚJO, 1984).

Existem tabelas que relacionam o fator de cobertura para as principais estruturas de tecidos de malha. Por exemplo, para produzir um tecido de meia malha usando-se um fio de título 24,6 *Tex*, deve-se usar um fator de cobertura entre $13 \leq FC \leq 17$. Se o tecido for produzido com um fator de cobertura maior que o limite superior, ele será rígido e terá pouco alongamento. Se o FC utilizado for menor que o limite inferior, o tecido produzido apresentará instabilidade dimensional.

Com esse experimento, busca-se validar o modelo IPC proposto, com sua respectiva ferramenta de apoio, para possibilitar sua aplicação nas mais variadas estruturas de malha, reduzindo a lacuna deixada pelo modelo proposto por Grosberg.

b.3. Definição dos parâmetros e participantes

Na definição dos parâmetros dos tecidos de malha e dos tipos de teares utilizados no experimento, optou-se utilizar aqueles que mais se aproximassem da realidade de todas as empresas participantes.

A Tabela 3.1 apresenta os parâmetros e as características dos tecidos de malha analisados nesse experimento.

Tabela 3.1 – Parâmetros e Características dos Tecidos de Malha

Tipo Malha	Malhas	Fios	CP (cm)	Tipo de Tear
1	Meia Malha	Fio 1 = 30/1 Ne	0,2538	Tipo 1
2	Piquê Lacoste Simples	Fio 1 = 30/1 Ne Fio 2 = 24/1 Ne	0,2538 0,2462	Tipo 1
3	Xadrez 2x2	Fio 1 = 16,7 Tex cor A Fio 2 = 16,7 Tex cor B	0,2272 0,2272	Tipo 1
4	Meia Malha	Fio 1 = 30/1 Ne Fio 2 = 40 Denier	0,2990 0,0598	Tipo 2
5	Moletom	Fio 1 = 24/1 Ne Fio 2 = 10/1 Ne	0,3280 0,5114	Tipo 2
6	Crepe 24x60	Fio 1 = 30/1 Ne	0,2700	Tipo 2
7	Ribana 1x1	Fio 1 = 30/1 Ne Fio 2 = 40 Denier	0,2650 0,0530	Tipo 3
8	Suedine Liso	Fio 1 = 24/1 Ne	0,3385	Tipo 3
9	Ribana Canelada 2x2	Fio 1 = 24/1 Ne Fio 2 = 40 Denier	0,3940 0,0788	Tipo 3

A Tabela 3.2 apresenta as características dos teares utilizados neste experimento.

Tabela 3.2 – Tipos de Teares

Tipo Tear	Galga	Diâmetro	Qtd. agulhas	Alimentadores
1	28	30	Cilindro = 2640	96
2	24	30	Cilindro = 2268	96
3	18	34	Cilindro = 1920 Disco = 1920	70

A condição para participação das empresas foi somente a disponibilidade que estas e seus profissionais teriam para participar do experimento. Porém, entre as empresas disponíveis houve um critério de seleção de forma que contemplasse duas empresas de cada porte (grande, médio e pequeno).

Na definição dos participantes do experimento levou-se em consideração o levantamento diagnóstico exposto na seção 3.2.2. Sendo assim, o critério para escolha foi de testar o modelo IPC para os três níveis de grau de conhecimento dos profissionais entrevistados: ótimo, razoável, ruim.

Para os três níveis diagnosticados encontrou-se a seguinte estatística: dois para ótimo, sete para razoável e quatro para ruim. Diante dessa classificação, ficou determinado que o experimento fosse validado com pelo menos dois participantes de cada nível. Estabelecido o critério de escolha, foi realizado contato com as empresas para a realização do experimento.

Além do exposto, o processo teve o objetivo capturar as percepções dos participantes quanto ao uso do modelo IPC e sua respectiva ferramenta de aplicação. Outro objetivo foi captar potenciais melhorias para esse modelo.

c) Validação do IPC

Ainda para essa entrega foi apresentado um estudo para validar o IPC. Esse estudo compreende a utilização de dados reais de uma das empresas entrevistadas, de forma que com esse estudo pode-se analisar individualmente o IPC e o FC como, também, foi possível fazer um comparativo entre ambos.

O objetivo na comparação entre os dois modelos é justamente validar o novo modelo proposto, garantindo que o mesmo demonstra maior confiabilidade na previsão das características da qualidade dos tecidos de malha em desenvolvimento.

No próximo capítulo serão apresentados os resultados relativos às entregas apresentadas que, ao final, a integração de todos responde ao objetivo geral desta dissertação.

4. RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O objetivo deste capítulo é abordar os resultados de todas as entregas correspondentes aos objetivos específicos desta dissertação, sendo que a cada resultado apresenta-se sua análise.

Primeiramente, mostra-se todo o material relacionado ao assunto encontrado na literatura. Na sequência, é apresentado o levantamento diagnóstico para conhecer a atual situação das empresas quanto ao emprego do fator de cobertura. Outro resultado apresentado está relacionado com o desenvolvimento do modelo para o cálculo de cobertura, de forma que permita maior amplitude e eficiência em sua aplicação. Ainda, é apresentado um experimento comparativo entre o FC (antigo) e o IPC (novo) executados por participantes convidados. Por fim, é apresentada a validação e análise dos resultados da aplicação do IPC, através de um estudo comparativo elaborado e executado em parceria com uma empresa convidada.

4.1 LEVANTAMENTO DIAGNÓSTICO

Nesta fase da pesquisa, foi realizado um levantamento diagnóstico das informações sobre a aplicação do fator de cobertura. Dessa forma, pôde-se investigar se as empresas entrevistadas consideram importante esse fator em seus novos desenvolvimentos e entender qual o método de aplicação ou cálculo do mesmo.

Para facilitar o entendimento dessa análise, foi estruturada uma sequência baseada nas questões aplicadas. Sendo assim, tem-se:

a) Caracterização da empresa e dos profissionais

Foram contatadas 24 empresas (quatro empresas de grande porte, oito empresas de médio porte, 12 empresas de pequeno porte) da região de Jaraguá do Sul. Porém, foi possível contar com a participação de 13 empresas (três empresas de grande porte, quatro empresas de médio porte, seis empresas de pequeno porte), representando cerca de 54% do total.

A classificação quanto ao porte das empresas foi definida segundo o SEBRAE (2012), pela quantidade de funcionários e ainda pelo faturamento anual. Neste estudo, será apresentado somente por número de funcionários por motivos de sigilo solicitado pelas empresas (ver Quadro 4).

	Cidade	Porte	Funcionários
A1	Jaraguá do Sul	Grande	3994
A2	Jaraguá do Sul	Grande	795
A3	Jaraguá do Sul	Grande	502
B2	Guaramirim	Médio	186
B3	Jaraguá do Sul	Médio	249
B4	Jaraguá do Sul	Médio	118
C1	Schroeder	Pequeno	40
C2	Guaramirim	Pequeno	76
C3	Guaramirim	Pequeno	65
C4	Jaraguá do Sul	Pequeno	55
C5	Jaraguá do Sul	Pequeno	48
C6	Jaraguá do Sul	Pequeno	44

Quadro 4 – Porte das Empresas pelo Número de Funcionários

Todas as empresas entrevistadas apresentam de alguma forma um setor ou profissional responsável pelo desenvolvimento dos novos tecidos de malha. Porém, nas empresas em que existe esse setor, ainda encontram-se diversas dificuldades de atuar com um desempenho satisfatório devido à falta de recursos materiais, equipamentos, pessoas qualificadas tecnicamente e ao desconhecimento das metodologias aplicadas ao PDP.

Este fato observado torna-se mais evidente para algumas empresas do Grupo B e para a totalidade das empresas do Grupo C. Podem-se destacar as empresas C3 e C4, onde os responsáveis por todo o processo de desenvolvimento do tecido de malha, na malharia, são mecânicos de tear. Estes não possuem formação técnica na área e buscam atender aos requisitos no método de tentativa e erro.

Ainda, as informações ou dados encaminhados das características dos tecidos de malha solicitados seguem um formato informal e sem registros do que está sendo solicitado. Compara-se com algum tecido semelhante que já foi feito e projeta-se a malha em uma ficha técnica com o tipo de fio e a regulagem do tear calculada ou imaginada.

Para as empresas dos Grupos A e algumas do Grupo B, a condução do desenvolvimento dos tecidos é executada por uma equipe de engenharia, *design* e técnicos têxteis. Porém, conforme comentado anteriormente, estas também possuem um setor de PDP

pouco estruturado e sem muitos investimentos para capacitação e/ou contratação de pessoal qualificado na área.

b) Desenvolvimento dos tecidos de malha

Observou-se que na grande maioria das empresas, ou seja, dez das 13 avaliadas, os fatores mais relevantes considerados na aprovação dos novos tecidos são qualidade e custo. Contudo, nota-se a qualidade em maior destaque para as empresas do grupo A, enquanto que as empresas do Grupo C tem um foco maior no custo, sendo a competitividade em relação aos chineses o motivo dessa busca por preços cada vez menores, mas, claro, sem deixar de monitorar a qualidade.

Porém, quando questionadas sobre os procedimentos adotados na malharia para garantir a qualidade e atender as especificações solicitadas pelo cliente, percebe-se que somente as empresas A2, B3, C4 e C5 procuram seguir alguns padrões definidos pelas normas têxteis. Logo, as demais empresas seguem uma rotina de testes muito simples, como verificar o comprimento de ponto, o que certamente tem sua validade, mas não permite uma visão mais detalhada do processo. Com essa observação, é possível entender que as empresas de uma forma geral utilizam métodos de análise e validação dos novos tecidos desenvolvidos somente após estarem beneficiados.

A resposta e a confirmação do que foi relatado pelas empresas e diagnosticado neste estudo estão nos altos valores dos índices de reprovação dos novos desenvolvimentos. Apenas duas empresas conseguem índices de até 10%, cinco empresas entre 11 a 25% e seis empresas chegam a apresentar índices de 26 a 50%. Esses índices também foram observados recentemente em um estudo de Rodrigues; Cziulik (2012), no qual levantam-se valores de 15 a 30% de retrabalho para os novos desenvolvimentos.

c) Conhecimento e aplicação do fator de cobertura

Quase 70% das empresas entrevistadas fazem o cálculo do fator de cobertura em seus novos desenvolvimentos de tecidos de malha. Porém, somente 22% dessas empresas possuem um conhecimento correto sobre o cálculo e sua aplicabilidade. Outro dado importante é que nenhuma o aplica como um indicativo para tomada de decisão na validação do novo tecido.

Outras empresas ainda reconhecem a importância do uso do fator de cobertura, mas não possuem conhecimento suficiente para utilizá-lo como fator decisório para validação no processo de desenvolvimento de novos tecidos. As empresas A1, A2, B2, B3, C2, C3, C5 e

C6 aplicam o FC somente para algumas malhas básicas, pois não possuem conhecimento suficiente para o cálculo de determinadas malhas e, também, porque a equação não atende muitas estruturas de malhas. Há casos de empresas em que este cálculo é feito para malhas diferenciadas da mesma forma como é feito para as malhas básicas. Porém, eles não têm certeza do resultado. Logo, não consideram essa informação.

Observa-se então que, com exceção das empresas B1, B4, C1 e C4, que não utilizam o fator de cobertura, as demais foram unânimes em relatar que a maior dificuldade em utilizar e aplicar esse indicativo é justamente a necessidade de haver um cálculo que possa ser utilizado também para as malhas diferenciadas e algumas estruturas básicas, que possuam mais de um tipo de fio em sua composição.

d) Teste prático de cálculo do FC

Por último, as empresas foram submetidas a três testes práticos para o cálculo do fator de cobertura. Para os testes 1 e 2, foram simuladas estruturas básicas com uma pequena diferença para o teste 2, no qual é utilizado também um fio de elastano na composição. Para o teste 3, foi definida uma estrutura diferenciada baseada numa derivação do *Rib*.

O resultado observado é de que cerca de 60% das empresas que possuem algum conhecimento do FC conseguiram desenvolver os cálculos dos testes 1 e 2. Porém, para o teste 3, nenhuma empresa conseguiu calcular. É interessante observar que mesmo as que conseguiram calcular o teste 1 e/ou o 2 apresentaram alguma dificuldade na coleta dos dados (i.e. título do fio e comprimento do ponto) e entendimento da equação.

No estudo de caso, ainda, é possível destacar que as empresas onde os responsáveis pelo desenvolvimento de malha possuem formação técnica (técnicos têxteis), houve maior facilidade de entendimento e no cálculo do fator de cobertura.

E, por fim, quanto ao teste prático aplicado ao final da entrevista (ver Apêndice 1) com três malhas diferentes, o resultado foi o esperado, ou seja, mesmo os profissionais que possuem mais experiência e algum conhecimento no fator de cobertura também realizaram os testes com certa dificuldade.

O levantamento diagnóstico indicou na prática que, apesar de ser considerado importante pelos entrevistados, o fator de cobertura é negligenciado não apenas por desconhecimento mas, principalmente, por não atender às principais estruturas de malhas produzidas.

Na busca por mais subsídios sobre esta questão, além do levantamento diagnóstico, foi realizada uma reunião com os entrevistados das empresas A1, A2, B2, C2 e C6, por terem sido

capazes de calcular os fatores de cobertura de dois dos três testes aplicados na entrevista. Na ocasião, em conjunto com os entrevistados, foram discutidas as principais dificuldades encontradas nos testes, mesmo tendo conseguido resolver os dois primeiros testes que eram relativos às estruturas básicas. Todos afirmaram que para as estruturas básicas em base *Jersey*, a principal dificuldade encontrada é para malhas que possuem mais de um fio na estrutura. Logo, não sabem se utilizam um dos fios ou o título resultante dos fios para o cálculo.

Essa dúvida é gerada em função de a equação do FC não deixar claro esse tipo de situação, uma vez que pede somente a raiz do título em *Tex*. Já para as malhas diferenciadas, a dificuldade foi ainda maior, sendo que os entrevistados tentaram a solução, mas não chegaram a um resultado.

Quando questionados sobre a importância de se ter uma equação própria para esses casos, novamente houve uma unanimidade em concordar com a elaboração de uma ou mais equações que se adequem às situações das malhas básicas e diferenciadas. E, ainda, destacaram que conhecem a importância de sua aplicação e dos ganhos previstos: em agilidade, por reduzir os retrabalhos de desenvolvimento; em custos, por evitar o consumo de fio no tecimento da amostra pela previsão das características da malha; em qualidade nos resultados obtidos, por conseguir atender, com maior precisão, às especificações dos clientes.

A equação proposta por Grosberg possibilita o cálculo do fator de cobertura. Porém, se restringe às estruturas de malhas básicas com base na malha *Jersey* com um único tipo de fio. Essa equação é conhecida e aplicada, nacional e internacionalmente, sendo que no Brasil, as instituições de ensino técnico e de engenharia têxtil, como, por exemplo, o SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - e os IFs – Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, aplicam esse modelo de cálculo e, ainda, destacam os principais benefícios de sua aplicação.

Na aplicação da equação é possível revelar suas deficiências já em alguns casos de estruturas simples, onde, muitas vezes, as malharias utilizam dois ou mais tipos de fios, principalmente, em relação aos seus títulos, de forma a desenvolverem malhas diferenciadas, mesmo mantendo uma estrutura básica.

Nesses casos e, em outros com estruturas diferenciadas, a equação não contempla essas situações, pois não deixa explícito qual o título em *Tex* deve assumir no cálculo em caso de mais de um tipo. Ainda, não leva em consideração o percentual de participação de cada tipo de fio na estrutura da malha, uma vez que cada fio com título possui uma relação de peso e comprimento diferente. Sendo assim, mostra-se a relevância de que para o cálculo do fator de cobertura sejam levados em consideração esses dois parâmetros, ou seja, se há mais de um tipo de fio e quais são seus percentuais de participação na estrutura.

Contudo, pelo levantamento do estado da arte, das aplicações em estudos têxteis e do diagnóstico feito junto às empresas, é percebida a importância de adequar o método de cálculo atual, de forma que permita ampliar a sua abrangência. Sendo assim, partindo da equação proposta por Grosberg, este estudo pretende estabelecer uma nova proposta para garantir uma aplicação simples e abrangente em termos de estruturas de malha.

4.2 MODELO IPC E SUAS VARIÁVEIS

A estruturação do cálculo tem como base a equação proposta por Grosberg, com adaptações focadas em ampliar a gama de estruturas de malhas, podendo ser básicas, com diferenciação nos fios utilizados ou diferenciadas pelo tipo de entrelaçamento.

Essa estruturação segue, ainda, o levantamento diagnóstico exposto na seção 3.2.2 e conta com a experiência deste pesquisador adquirida ao longo de 20 anos com atuação na área de desenvolvimento de tecidos de malha, professor e consultor.

A seguir, são apresentadas as etapas para o cálculo do novo modelo de fator de cobertura proposto.

4.2.1 Variáveis do modelo

A qualidade dos tecidos é determinada essencialmente pelas propriedades dos fios, das características e regulagens das máquinas (KOTHE *et al*, 1996). A influência exercida por esses três fatores sobre as características e a qualidade dos tecidos de malha pode ser verificada antes mesmo de a malha ser tecida, através do cálculo do fator de cobertura.

Inicialmente, destacam-se os conceitos das variáveis que permitirão a adequada aplicação do modelo, que propõe a ampliação da gama de estruturas de malhas na sua aplicação.

Para que seja possível a aplicação deste modelo, é importante conhecer todas as variáveis envolvidas no cálculo. Na seção 2.3.1 foram apresentados alguns conceitos dos

principais parâmetros de tecimento, como comprimento do ponto, sistemas de titulação e título do fio. Contudo, deve-se citar outras variáveis, como galga e diâmetro do tear, número de agulhas e, também, as respectivas unidades de cada variável.

4.2.1.1 Cálculo do fator de cobertura - variáveis indiretas

Conforme citado anteriormente, existem muitas variáveis envolvidas diretamente no cálculo do fator de cobertura. Porém, deve-se conceituar as variáveis indiretas para facilitar o entendimento:

a. Galga: as agulhas do tear estão dispostas lado a lado em fronturas e acomodadas dentro das ranhuras da frontura. Para a determinação da galga, tem-se a seguinte definição: é o número de agulhas por polegada inglesa (2,54 cm). Por exemplo, um tear é dito de galga 10 caso tenha dez agulhas em uma polegada.

Nas indústrias, podem-se encontrar dezenas de modelos de teares. Porém, em relação à galga, cada malharia define qual será o modelo de tear e a galga mais apropriada para a fabricação dos tecidos de malha. Certamente, essa escolha terá influência direta na produtividade, nas características e na qualidade das malhas.

b. Finura: conforme visto na definição de galga, as agulhas estão dispostas lado a lado, sendo que há uma distância entre estas agulhas. Logo, essa distância de centro a centro de uma agulha para outra é conhecida como finura.

Como exemplo de cálculo da finura, define-se um tear com 2.640 agulhas totais com diâmetro de 30 polegadas. Conforme a equação (4.1) tem-se o seguinte cálculo:

$$Finura = \frac{A}{2 \times \pi \times R \times 25,4} \quad (4.1)$$

Onde:

A = número de agulhas totais do tear

$\pi = pi = 3.14159265359$

R = raio da frontura (em polegadas)

25,4 = converter de polegadas para milímetros

No exemplo tem-se,

$$\text{Finura} = \frac{2640}{2 \times \pi \times 15 \times 25,4} = 1,103 \text{ mm}$$

c. Diâmetro do tear: da mesma forma que a galga e a finura, existem no mercado diversos modelos de teares com possibilidades variadas de diâmetro, conforme também foi citado na seção 2.2.4.3, na classificação das máquinas da malharia por trama. O diâmetro do tear tem influência direta na largura dos tecidos de malha. Nas malharias pesquisadas no levantamento diagnóstico, pode-se observar que a maioria dos teares possuem os seguintes diâmetros: 30 ou 32 polegadas para malhas em monofrontura e diâmetro 34 polegadas para malhas em dupla frontura.

Essa informação do diâmetro normalmente está disposta em uma placa fixa no tear. Ou então, pode-se obter a mesma visualizando na parte interna da frontura onde está impresso o diâmetro. Outra forma de conseguir essa informação é medindo o diâmetro no próprio tear.

d. Número de agulhas totais: após conhecer o diâmetro e a galga é possível calcular o número de agulhas totais do tear. O conhecimento do número de agulhas é imprescindível para o desenvolvimento de qualquer estrutura de malha, uma vez que tem influência direta na largura dos tecidos, na definição do raporte e no consumo de fio.

Sendo assim, para calcular o número de agulhas, tem-se a equação (4.2).

$$A = \text{diâmetro} \times \text{galga} \times \pi \quad (4.2)$$

Logo, como exemplo de cálculo do número de agulhas, adotam-se as seguintes características do tear: diâmetro do tear 30 e galga 28.

$$A = 30 \times 28 \times 3,1416 = 2638,94 \text{ agulhas}$$

Obs.: nesse caso, é necessário fazer o arredondamento sempre para o número par mais próximo, de forma a obter um número inteiro quando dividido por quatro. Isso porque não existem teares com número ímpar de agulhas e pelo fato de que os teares de seleção mecânica de agulhas utilizadas para a produção de malhas básicas e diferenciadas possuem em sua maioria quatro tipos de agulhas.

É importante lembrar que esse cálculo foi desenvolvido para os modelos de teares do fabricante Mayer (Alemanha). Portanto, sempre existirá uma pequena diferença em relação aos demais fabricantes. Nesse caso, é importante que o responsável pelo desenvolvimento tenha sempre a informação correta do modelo de tear que estará desenvolvendo o tecido de malha.

4.2.1.2 Cálculo do fator de cobertura - variáveis diretas

Com base na equação (2.15) de Grosberg, iniciou-se um estudo de um novo modelo de cálculo do fator de cobertura, de forma a ampliar sua aplicabilidade e permitir que seus usuários possam utilizá-la em novos desenvolvimentos de malhas ou mesmo em malhas já desenvolvidas, para que esse dado esteja projetado corretamente em seus arquivos.

Sendo assim, na sequência serão apresentadas as variáveis que diretamente influenciam no cálculo do fator de cobertura proposto.

a. Agulhas em operação por alimentação: no desenvolvimento de novas estruturas de malha deve ser observada a menor parte repetitiva da estrutura de malha, considerando o número de alimentadores e o número de agulhas efetivamente em operação.

Essa análise é conduzida, inicialmente, para definir em qual modelo de tear pode-se desenvolver determinada malha de forma que se consiga atender as especificações do cliente e ainda ganhar em produtividade.

Conhecer o número de agulhas totais em operação na célula estrutural permite analisar o raporte e, ainda, na proposta deste estudo, passa a fazer parte do cálculo do fator de cobertura.

Para a análise da quantidade de agulhas em operação por alimentador para cada fio, é apresentada a Figura 4.1, contendo duas estruturas de malha produzidas em tear circular monofrontura.

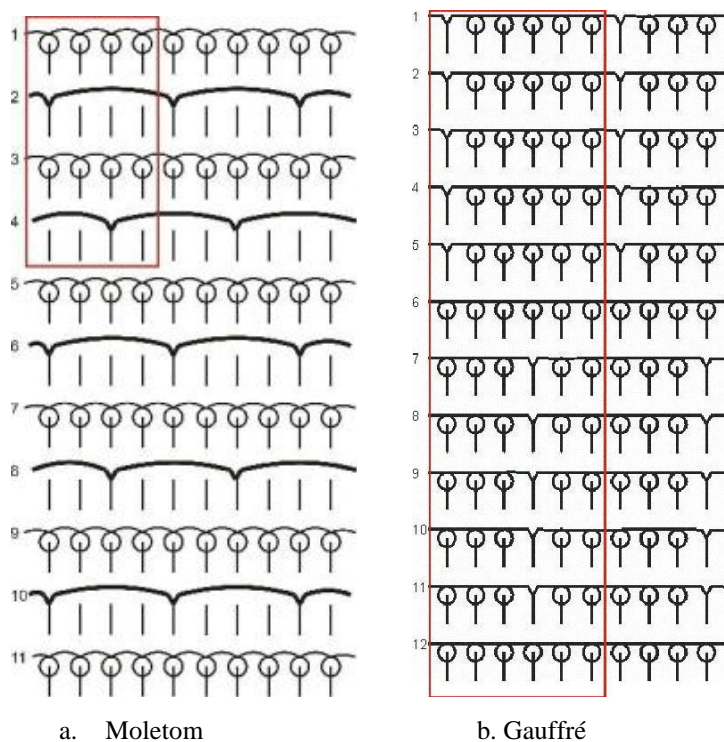


Figura 4.1 – Cobertura de uma Estrutura de Malha

Fonte: Araújo; Castro (1986-87).

Para definição do raporte das estruturas de malhas são considerados os alimentadores e as agulhas, sendo que os alimentadores são contados na vertical e as agulhas na horizontal.

A Figura 4.1 demonstra duas estruturas de malha, o Moletom e o Gauffré, cujas estruturas apresentam entrelaçamentos e raportes diferentes conforme destacado. Para esse exemplo, é possível notar que o Moletom possui somente quatro alimentadores e quatro agulhas em cada alimentador, enquanto o Gauffré possui 12 alimentadores e seis agulhas em cada alimentador em seu raporte.

Contudo, o parâmetro mais importante para o cálculo do fator de cobertura é o número de agulhas no raporte efetivamente em operação para cada fio em cada alimentador. Na análise do número de agulhas em operação nas duas estruturas são encontradas as seguintes informações da Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Análise do Número de Agulhas em Operação no Raporte

Malhas	Alimentadores	Agulhas Totais	Agulhas em operação por alimentador - A_O
Moletom	4	16	Alim. 1 = 4 agulhas Alim. 2 = 1 agulha Alim. 3 = 4 agulhas Alim. 4 = 1 agulha
Gauffré	16	96	Todos alimentadores com seis agulhas cada um

b. Comprimento de ponto (cm): esse parâmetro pode ser encontrado através do LFA, análise da malha ou por solicitação do cliente.

Para conhecer o comprimento de ponto para cada tipo de fio por alimentação através do LFA, é preciso que no momento do tecimento da malha seja utilizado um aparelho próprio para medir o consumo total de cada fio. Existem variados modelos disponíveis no mercado, sendo destacados na Figura 4.2 alguns destes modelos.



Figura 4.2 – Aparelhos para Medir Consumo de Fio por Volta
Fonte: Macedo (2009).

Após conhecer o LFA e o número de agulhas totais em operação no tear, já é possível analisar o comprimento de ponto em cada alimentação. Para esse cálculo, utiliza-se a equação 4.3.

$$CP = \frac{LFA}{A_o} \quad (4.3)$$

Onde:

CP = comprimento do ponto (cm)

LFA = comprimento de fio alimentado por volta do tear (cm)

A_o = número de agulhas totais no tear em operação

Outra forma de conhecer o comprimento de ponto é através da análise do tecido de malha. Nesse caso, é preciso uma amostra do tecido de malha que será analisado e, na sequência, contar determinado número de colunas (agulhas), retirar o fio, medir o seu

comprimento e dividir pelo número de agulhas contadas. Dessa forma, o resultado desse procedimento é o comprimento de ponto em cada agulha.

Após a análise do comprimento de ponto e, sabendo-se o número de agulhas em operação no raporte, é possível então calcular o comprimento de fio total para cada alimentação.

Conforme dados iniciais descritos na primeira etapa, a Tabela 4.2 apresenta os dados de LFA e número de agulhas totais em operação em cada malha. Utilizando o método de cálculo, segundo a equação (4.3) e as estruturas apresentadas na Figura 4.1, tem-se:

Tabela 4.2 – Comprimento de Ponto para Moletom e Grauffé

Malhas	Alimentações	LFA (cm)	Agulhas em Operação por Alimentação	CP (cm)
Moletom	1	750	2640	0,2805
	2	350	660	0,5303
	3	750	2640	0,2805
	4	350	660	0,5303
Grauffré	Todos iguais	750	2640	0,2805

c. Título resultante: conforme citado anteriormente, existe uma infinidade de tipos de tecidos de malhas que contemplam as malhas básicas e diferenciadas. Em muitos casos, essa diferenciação em uma mesma estrutura de malha se torna possível simplesmente em função da aplicação de um ou mais tipos de fios.

Para o cálculo do fator de cobertura, essa situação deve ser considerada. Portanto, além da análise ou do conhecimento prévio da estrutura de malha que se quer desenvolver, também é preciso ter uma definição dos fios que serão aplicados. Esses fios, conforme visto na seção 2.2.1.4, também são classificados por títulos para que possam ser diferenciados em seu diâmetro.

O sistema *Tex* foi introduzido como um sistema de medidas universal, com intuito de substituir todos os outros sistemas existentes. O cálculo do fator de cobertura proposto por Grosberg utiliza o título em *Tex* (Sistema de Titulação Direta) mas, em diversos casos, esses fios são apresentados em outras titulações mais usuais como *Ne*, *Denier* e *Nm*.

No modelo de cálculo proposto neste estudo busca-se a aplicação do título resultante. Também, será considerada a proporção de participação de cada fio na formação do raporte da estrutura da malha.

Primeiramente, é preciso conhecer as formas de calcular o título resultante para o sistema direto e indireto. Sendo assim, a seguir são apresentadas as equações de ambos os sistemas:

Para o sistema direto tem-se a equação (4.4).

$$T_R = \sum_{i=1}^n T_i \quad (4.4)$$

Onde:

T_R = título resultante do fio (*Tex* ou *Denier*)

T_n = título de cada fio

Exemplo:

Fio 1 = 15 *Tex*

Fio 2 = 22 *Tex*

$$T_R = 15 + 22 = 37 \text{ Tex}$$

Para o sistema indireto, é possível a aplicação das equações (4.5), (4.6) e (4.7).

Caso 1 – Título resultante para dois ou mais fios de mesmo título, equação (4.5).

$$T_R = \frac{T}{NF} \quad (4.5)$$

Onde:

T_R = Título resultante do fio

T = título do fio

NF = número de fios ou cabos

Exemplo:

Fio 1 = 30/1 Ne

Fio 2 = 30/1 Ne

$$T_R = \frac{30}{2} = 15 \text{ Ne}$$

Caso 2 – Título resultante para dois fios de títulos diferentes, usa-se a equação (4.6).

$$T_R = \frac{T_1 \times T_2}{T_1 + T_2} \quad (4.6)$$

Exemplo:

Fio 1 = 30/1 Ne

Fio 2 = 10/1 Ne

$$T_R = \frac{30 \times 10}{30 + 10} = 7,5 \text{ Ne}$$

Caso 3 – Título resultante para três ou mais fios de títulos diferentes, usa-se a equação (4.7).

$$T_R = \frac{1}{\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} + \frac{1}{T_3}} \quad (4.7)$$

Exemplo:

Fio 1 = 30/1 Ne

Fio 2 = 10/1 Ne

Fio 3 = 24/1 Ne

$$T_R = \frac{1}{\frac{1}{30} + \frac{1}{10} + \frac{1}{24}} = \frac{1}{0,033 + 0,100 + 0,042} = 5,7 \text{ Ne}$$

d. Participação de cada fio (%): é preciso conhecer qual o percentual de participação para cada tipo de fio na estrutura da malha. Cada fio aplicado possui um título

que expressa de forma geral seu diâmetro. Conforme o diâmetro e o consumo de cada fio utilizado na malha, define-se então o seu percentual de participação na formação da malha. As equações (4.8), (4.9) e (4.10) apresentam respectivamente os cálculos para obtenção do peso de cada fio, peso total dos fios que constituem o raporte e o percentual de participação de cada fio na estrutura de malha.

Para a concepção da equação para calcular o peso de cada fio, partiu-se da equação (2.2) para o cálculo do título do fio no sistema de titulação em *Tex* visto na seção 2.2.1.4.

$$\text{Título Tex} = \frac{k \times P}{C}$$

Neste caso, a equação (2.1) é utilizada para encontrar a variável “P” que representa o peso do fio. Quanto a variável “C” que representa o comprimento de fio, sofre uma modificação, sendo substituído pelo CP (comprimento de ponto) e A_{OR} (agulhas em operação no raporte). Com esta alteração ainda mantém-se o cálculo do comprimento, porém, está condicionado à somente o comprimento de fio consumido para as agulhas em operação do raporte, e que no final é dividido por 100 para obter a unidade em metros. Ainda, outra diferença para a equação (2.1) é o acréscimo da variável “NA” (número de alimentadores) para que pudesse ser considerado o número de alimentadores específicos de cada fio por regulagem no tear.

Nesse primeiro cálculo, através da equação (4.8) é encontrado o peso de cada fio na estrutura ou raporte da malha. Para esse cálculo foi utilizada uma equação que contempla o sistema de titulação direto *Tex* ou *Denier*.

$$P = \left(\frac{\left(\frac{CP \times A_{OR}}{100} \right) \times T}{K} \right) \times NA \quad (4.8)$$

Onde:

P = peso do fio (g)

K = constante do sistema direto *Tex* (1000) e *Denier* (9000)

CP = consumo total de fio no raporte da estrutura (cm)

NA = número de alimentadores para cada tipo de fio

T = título do fio em *Tex* ou *Denier*

A_{OR} = Agulhas em operação no raporte

Obs.: Esse cálculo deve ser feito individualmente para cada tipo de fio.

Na sequência, a equação (4.9) apresenta o cálculo do peso total de todos os fios na estrutura ou raporte da malha.

$$P_T = \sum_{i=1}^n P_i \quad (4.9)$$

Onde:

P_T = peso total dos fios (g)

P_n = peso de cada fio (g)

Por último, as equações (4.10) e (4.11) apresentam o cálculo do percentual de participação de cada fio e de cada alimentação respectivamente.

$$\%Part = \left(\frac{P_n}{P_T} \right) \times 100 \quad (4.10)$$

$$\%Part = \sum_{i=1}^n \%Part_i \quad (4.11)$$

Sendo assim, todas as variáveis necessárias para o entendimento e cálculo do modelo proposto foram apresentadas. Na sequência, serão vistas as etapas para desenvolvimento do cálculo.

4.2.2 Etapas para o cálculo do IPC

Para distinção do modelo de cálculo do fator de cobertura proposto por Grosberg, a partir desse ponto o modelo proposto será chamado Índice de Proporcionalidade de

Cobertura – IPC. Nesta seção, serão descritas, sequencialmente, todas as etapas necessárias para o cálculo do IPC.

Inicialmente, será apresentado um fluxograma, conforme a Figura 4.3, das etapas do cálculo do IPC, para representar de forma esquemática todo o processo.

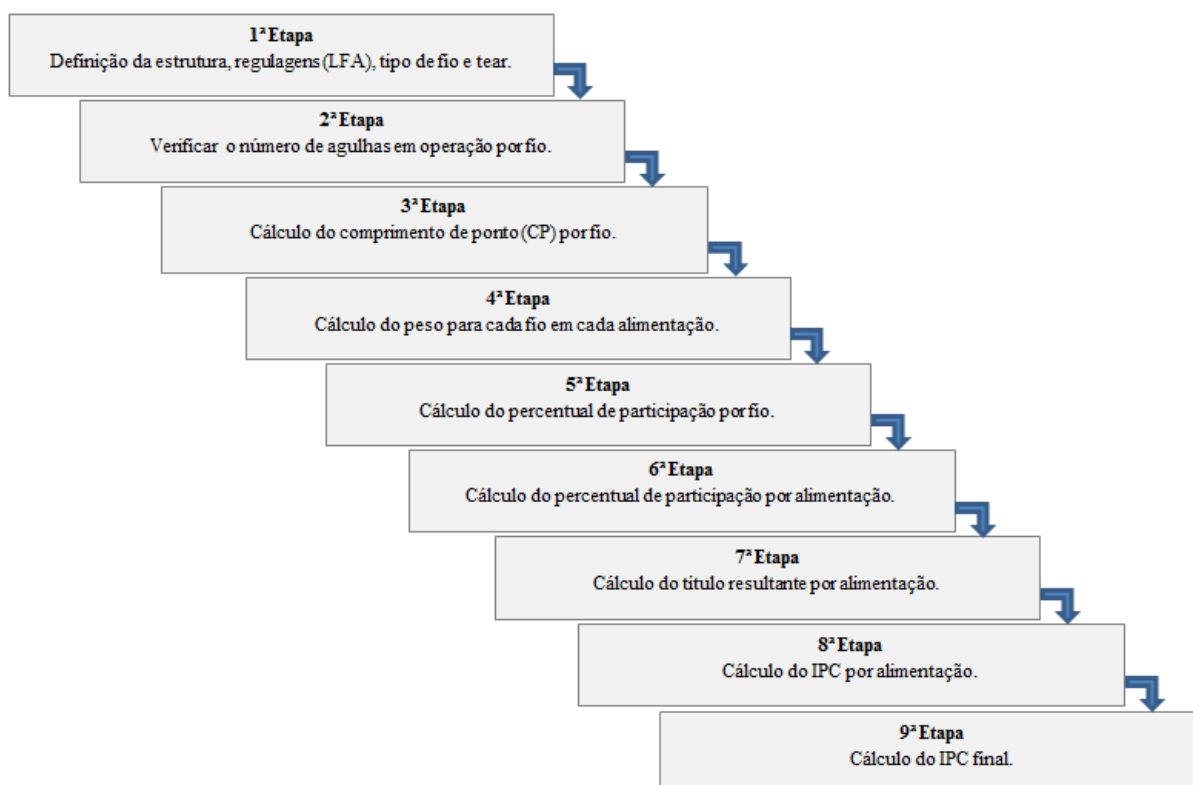


Figura 4.3 – Fluxograma para Cálculo do IPC.
Fonte: Autoria própria.

Na sequência serão apresentadas todas as etapas para o cálculo do IPC. Porém, para facilitar o entendimento das etapas a seguir, foram definidos alguns dados, como exemplo, necessários para os cálculos.

Características e dados de exemplo para o desenvolvimento do IPC:

- a. Estrutura: pique lacoste simples;
- b. Alimentadores totais: 96 (48 para o fio 30/1 e 48 para o fio 24/1);
- c. Alimentação positiva: LFA = 750 cm (alimentadores ímpares);
LFA = 700 cm (alimentadores pares);
- d. Fios: Fio 1 = 30/1 Ne (alimentadores ímpares);
Fio 2 = 24/1 Ne (alimentadores pares); e
- e. Características do tear: galga 28, diâmetro 30 polegadas, 2640 agulhas totais no tear, 96 alimentadores.

4.2.2.1 Primeira etapa – definição das características da malha

Nessa etapa, serão definidas todas as características necessárias que subsidiarão a base de dados para o cálculo do IPC. Essa etapa é constituída das definições de estrutura da malha e dos fios, podendo ser classificadas como básicas ou diferenciadas. Normalmente, essa definição tem sua origem em alguma solicitação de um cliente, através de um artigo pronto tomado como base ou então através do desenvolvimento de alguma malha nova. A Figura 4.4 apresenta o exemplo de estrutura que será utilizada na descrição das etapas.

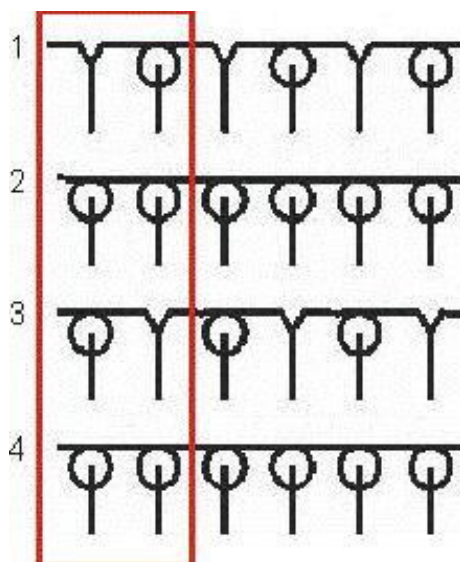


Figura 4.4 – Estrutura de Piquê Lacoste Simples
Fonte: Macedo (2009).

Ainda nessa etapa, é preciso que sejam definidas as características do tear que será utilizado na produção da malha em questão e, conforme a seção 2.2.2.3, são inúmeras as possibilidades. Desse modo, foi definido um tear de galga 28, diâmetro 30 polegadas, 2640 agulhas totais e 96 alimentadores.

Posteriormente, definem-se as regulagens do tear, de forma que as especificações solicitadas pelo cliente sejam atendidas, mas sempre considerando as limitações de cada tear e de cada estrutura de malha.

4.2.2.2 Segunda etapa – agulhas em operação (A_{OR})

Para essa etapa, é necessário já ter conhecimento da estrutura da malha. Ou seja, ter projetado o entrelaçamento que dará origem à nova malha e, com isso, permitir definir qual é o raporte dessa estrutura, conforme apresentado na Figura 4.4.

Na definição do número de agulhas em operação por fio da estrutura de malha da Figura 4.4, são consideradas duas agulhas em operação por fio em cada alimentação.

Sendo assim, conforme Figura 2.20, são consideradas agulhas em operação aquelas que estejam realizando ponto de tecimento (malha) ou carregados (fang). Em caso de uma estrutura possuir alguma agulha que em determinada alimentação não esteja tecendo (ponto não trabalha), não poderá ser considerada em operação.

4.2.2.3 Terceira etapa - comprimento de ponto (CP)

O comprimento de ponto pode ser obtido através do LFA, análise da malha ou por solicitação do cliente. Considerando já conhecer o CP, basta somente utilizá-lo diretamente na equação do IPC. Caso tenha somente a informação do LFA, o número de agulhas totais em operação no tear e o raporte da estrutura da malha, já é possível analisar o comprimento de ponto em cada alimentação.

Conforme dados iniciais descritos na primeira etapa, observa-se a seguir um exemplo do método de execução desse cálculo, segundo a equação (4.3) e a estrutura da malha apresentadas na Figura 4.4, de onde se tem:

$$CP = \frac{LFA}{A_o}$$

$$\text{Alim.1} = LFA=750 \text{ cm} \quad - \quad A_o = 2640 \quad - \quad CP=0,284 \text{ cm}$$

$$\text{Alim.2} = LFA=700 \text{ cm} \quad - \quad A_o = 2640 \quad - \quad CP=0,265 \text{ cm}$$

$$\text{Alim.3} = LFA=750 \text{ cm} \quad - \quad A_o = 2640 \quad - \quad CP=0,284 \text{ cm}$$

$$\text{Alim.4} = LFA=700 \text{ cm} \quad - \quad A_o = 2640 \quad - \quad CP=0,265 \text{ cm}$$

4.2.2.4 Quarta etapa – calcular o peso para cada fio

Para que se possa definir qual o percentual de participação de cada fio é preciso, primeiramente, calcular o peso correspondente da cada fio que constitui a estrutura de malha. Nesse exemplo, o valor do peso de cada fio será obtido através da equação (4.8). A seguir, são apresentados os cálculos dos pesos para o fio 1 e o fio 2.

Para o fio 1, tem-se:

$$P_1 = \left(\frac{\left(\frac{0,284 \times 2}{100} \right) \times 19,68}{1000} \right) \times 2 = 0,00022 \text{ g do fio 1}$$

Para o fio 2, tem-se:

$$P_2 = \left(\frac{\left(\frac{0,265 \times 2}{100} \right) \times 24,6}{1000} \right) \times 2 = 0,00026 \text{ g do fio 2}$$

4.2.2.5 Quinta etapa – cálculo do percentual de cada fio

Para cada estrutura de malha tem-se a utilização de um ou mais tipos de fios em função das características que se pretende obter para o tecido de malha. Uma das formas de conseguir essas diferenciações pode ser através do uso de fios com títulos diferentes dentro de uma mesma estrutura de malha, ou seja, fios mais grossos ou mais finos. Dessa forma, conforme sua espessura, possui uma representação maior ou menor na estrutura em termos de peso, o que é chamado de percentual de participação.

Após obter o peso de cada fio é possível calcular qual o percentual de participação de cada fio. Para estabelecer uma proporcionalidade de cada fio na cobertura do tecido de

malha é preciso analisar qual a percentagem que cada fio corresponde ao total da estrutura da malha.

Dessa forma, na sequência é exemplificado o cálculo para obtenção do percentual de participação de cada fio baseado nas equações (4.9) e (4.10):

Peso total:

$$P_T = \sum_{i=1}^n P_i$$

$$P_T = 0,00022 + 0,00026 = 0,00048$$

Percentual de participação por fio:

$$\%Part = \left(\frac{P}{P_T} \right) \times 100$$

$$\text{Fio 1} = \%Part_1 = \left(\frac{0,00022}{0,00048} \right) \times 100 = 45,83\%$$

$$\text{Fio 2} = \%Part_2 = \left(\frac{0,00026}{0,00048} \right) \times 100 = 54,17\%$$

4.2.2.6 Sexta etapa – cálculo do percentual de participação por alimentação

Nessa etapa, deve-se analisar a participação de cada alimentação separadamente. Para finalizar a construção da proporcionalidade do IPC, devem-se integrar todos os fios correspondentes à mesma alimentação. Assim, cada alimentação terá sua participação no resultado final do IPC (ver equação 4.11).

Nesse caso, como cada alimentação possui somente um tipo de fio, os próprios valores dos percentuais de participação de cada fio representam também os percentuais de cada alimentação.

$$\text{Alimentação 1} = \text{Fio 1} = 45,83\%$$

$$\text{Alimentação 2} = \text{Fio 2} = 54,17\%$$

4.2.2.7 Sétima etapa – cálculo do título resultante (T_R)

O título de cada fio é uma relação entre massa e comprimento e, também, define a seu diâmetro. Portanto, pode-se afirmar que cada fio corresponde a um volume específico na composição da estrutura do tecido de malha. Na estrutura da malha isso significa dizer que cada fio ocupa um determinado espaço e, conseqüentemente, resultará em uma malha com maior ou menor cobertura.

Segundo Araújo; Castro (1986-87), se for considerado que o diâmetro de fio é constante, conforme visto na Figura 3.1, pode-se dizer que o fio de diâmetro maior dará maior cobertura do que o fio de diâmetro menor.

Levando-se em consideração os conceitos e as afirmações acima, é necessário calcular o título resultante por alimentação para representar todos os fios que compõem a estrutura de malha.

Sendo assim, nessa etapa é apresentado o cálculo proposto para obter o título resultante de cada alimentação do raporte da malha. Para entendimento do cálculo, mantêm-se os dados e a sequência das informações conforme demais etapas anteriores.

Portanto, têm-se dois títulos de fios que compõem a estrutura de malha. Porém, cada um deles está em alimentação diferente. Desse modo, o título resultante em cada alimentação é o próprio título de cada fio. Utilizando o sistema direto através da equação (4.4), tem-se em cada alimentação:

$$\text{Alimentação 1} = T_R = 19,68 \text{ Tex}$$

$$\text{Alimentação 2} = T_R = 24,60 \text{ Tex}$$

Obs.: Nesse caso, os títulos dos fios foram convertidos para o sistema *Tex* (ver Tabela 2.3).

4.2.2.8 Oitava etapa – cálculo do IPC por alimentação

Nessa etapa, define-se o IPC de cada alimentação, considerando ainda o percentual de participação.

A equação (4.12) apresenta o cálculo para o IPC por alimentação.

$$IPC_A = \left(\frac{\sqrt{T_R}}{CP} \right) \times \left(\frac{\%Part}{100} \right) \quad (4.12)$$

Onde:

IPC_A = índice de proporcionalidade de cobertura por alimentação

$\sqrt{T_R}$ = raiz quadrada do título resultante em *Tex* por alimentação

CP = comprimento de ponto por alimentação

$\%Part$ = percentual de participação de cada alimentação

Sendo assim, seguindo o cálculo, tem-se:

$$\text{Alimentação 1} = IPC_A = \left(\frac{\sqrt{19,68}}{0,284} \right) \times \left(\frac{45,83}{100} \right) = 7,16$$

$$\text{Alimentação 2} = IPC_A = \left(\frac{\sqrt{24,60}}{0,265} \right) \times \left(\frac{54,17}{100} \right) = 10,14$$

4.2.2.9 Nona etapa – cálculo do IPC final

Por fim, tendo-se cumprido todas as etapas anteriores, é possível calcular o IPC. Esse novo modelo de cálculo permite uma gama de estruturas de malha, ainda não contempladas pelo modelo proposto por Grosberg. Entre essas estruturas, pode-se citar:

- 1 – Malhas com dois fios ou mais em todos os alimentadores;
- 2 – Malhas com dois ou mais fios distribuídos parcialmente nos alimentadores;
- 3 – Estrutura do moletom que, atualmente, considera somente o fio da face;
- 4 – Estruturas de malhas com elastano; e
- 5 – Diversas malhas com estruturas diferenciadas envolvendo pontos de malha, não trabalha e fang (ver Figura 2.20) dispostos em variadas combinações.

Dessa forma, permite-se que os projetistas de estruturas de malhas, podendo ser *designers*, técnicos, mecânicos ou qualquer especialista em desenvolvimento de malha, possam validar com maior assertividade suas novas estruturas de malhas.

O novo modelo mantém ainda a base da equação apresentada por Grosberg. Porém, nessa proposta, os parâmetros são modificados através da utilização de três fatores: (i) título resultante por alimentação; (ii) percentual de participação de cada fio no raporte; e (iii) percentual de participação de cada alimentação.

Portanto, para o cálculo do novo modelo, chamado de IPC, utiliza-se a equação 4.13).

$$IPC = IPC_{A1} + IPC_{A2} \quad (4.13)$$

$$IPC = 7,16 + 10,14 = 17,30$$

Mesmo com as alterações propostas no modelo IPC, será mantido o valor padrão do IPC em 15 +/- 10%, conforme citado na seção 2.3.1.4.

A seguir será apresentado o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio ao cálculo, como também, os experimentos realizados com o modelo IPC.

4.3 FERRAMENTA, EXPERIMENTO E VALIDAÇÃO DO IPC

São apresentados os resultados da interface da ferramenta construída para dar suporte ao cálculo. Apresenta-se, também, um experimento de verificação do uso da ferramenta. Por fim, validou-se o IPC através de um estudo comparativo entre o IPC e o FC.

4.3.1 Ferramenta

Visando à agilidade no processo de cálculo do IPC e, também, a facilidade ao implementar o modelo IPC, desenvolveu-se uma ferramenta para dar esse suporte. Esta utiliza como interface um programa de planilha eletrônica, sendo que para este estudo utilizou-se o Excel da Microsoft, pelo fato de ser um dos aplicativos mais usuais no mundo.

Porém, essa ferramenta pode ser facilmente adaptada a qualquer programa de planilha eletrônica ou sistema próprio da empresa, desde que inclua recursos como interface intuitiva e capacidade para cálculos, como por exemplo, o *Calc*, que é um aplicativo da BrOffice, que oferece acesso gratuito e código aberto.

A Figura 4.5 apresenta a interface da ferramenta utilizada como apoio para o cálculo do IPC.

IPC - ÍNDICE DE PROPORCIONALIDADE DE COBERTURA											CONVERSÃO P/ TEX	
Fios por Alimentação	Tex	CP (cm)	Agulhas Op. Rap.	Número Aliment.	Peso do Fio (g)	% / Fio	% / Alim.	Título Result.	IPC por Aliment.			
Alimentação 1	Fio 1	0,00	1,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!			Ne	0,00	#DIV/0!
	Fio 2	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
	Fio 3	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
Alimentação 2	Fio 1	0,00	1,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!			Nm	0,00	#DIV/0!
	Fio 2	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
	Fio 3	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
Alimentação 3	Fio 1	0,00	1,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!			Denier	0,00	0,00
	Fio 2	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
	Fio 3	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
Alimentação 4	Fio 1	0,00	1,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!			dTex	0,00	0,00
	Fio 2	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
	Fio 3	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
Malha =										IPC =		#DIV/0!

Figura 4.5 – Ferramenta para Cálculo do IPC

Para o desenvolvimento da ferramenta, foi tomada como referência a sequência das etapas para o cálculo apresentadas na seção anterior. Assim sendo, facilita não somente a sua formatação, como também, a aplicação prática no cálculo do IPC.

As planilhas estão relacionadas com as etapas previstas no fluxograma do modelo, facilitando a compreensão da ferramenta e seguindo a lógica do desenvolvimento de produto.

a) Registro da malha em análise

Nessa primeira etapa, o usuário deve somente informar o nome ou a descrição do tecido em análise. Esse nome é importante para que o usuário tenha uma diferenciação entre os diversos tipos de tecidos que serão analisados ao longo do tempo.

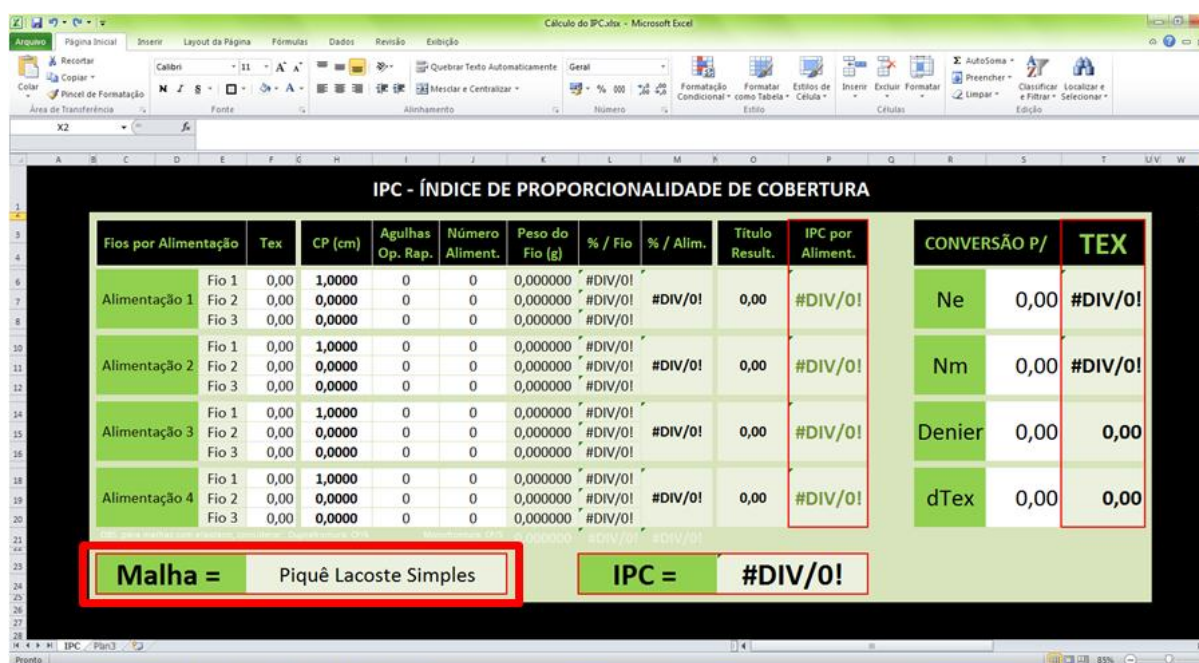


Figura 4.6 – Registro da Malha

b) Registro dos títulos dos fios (Tex)

Na segunda etapa, o usuário informa os títulos dos fios conforme a disposição dos mesmos entre as alimentações em processo. Essa informação é importante para a definição do título resultante em cada alimentação do tear.

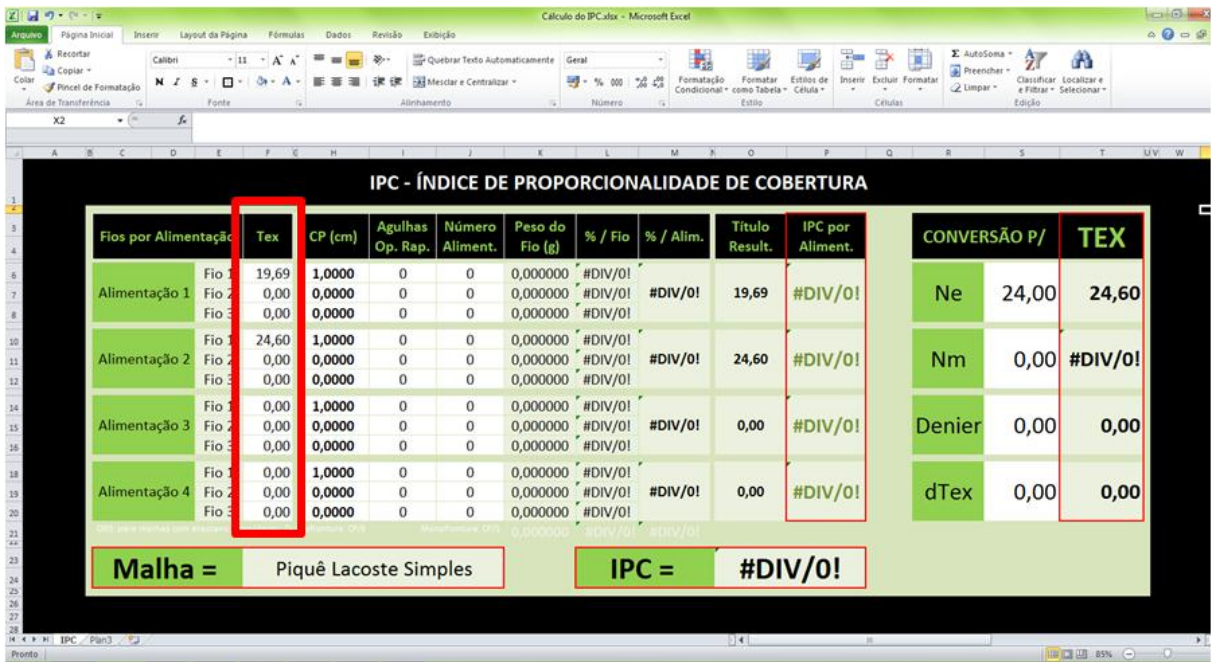


Figura 4.7 – Registro dos Títulos dos Fios

c) Registro do comprimento do ponto (CP)

Nessa terceira etapa, o usuário informa os comprimentos de ponto para cada fio registrado. Vale lembrar que, por vezes, o usuário terá o título do fio em outros sistemas diferentes do *Tex*. Por isso, pode utilizar o conversor de título do lado direito da ferramenta. Esse valor do comprimento é diretamente relacionado ao cálculo do IPC.

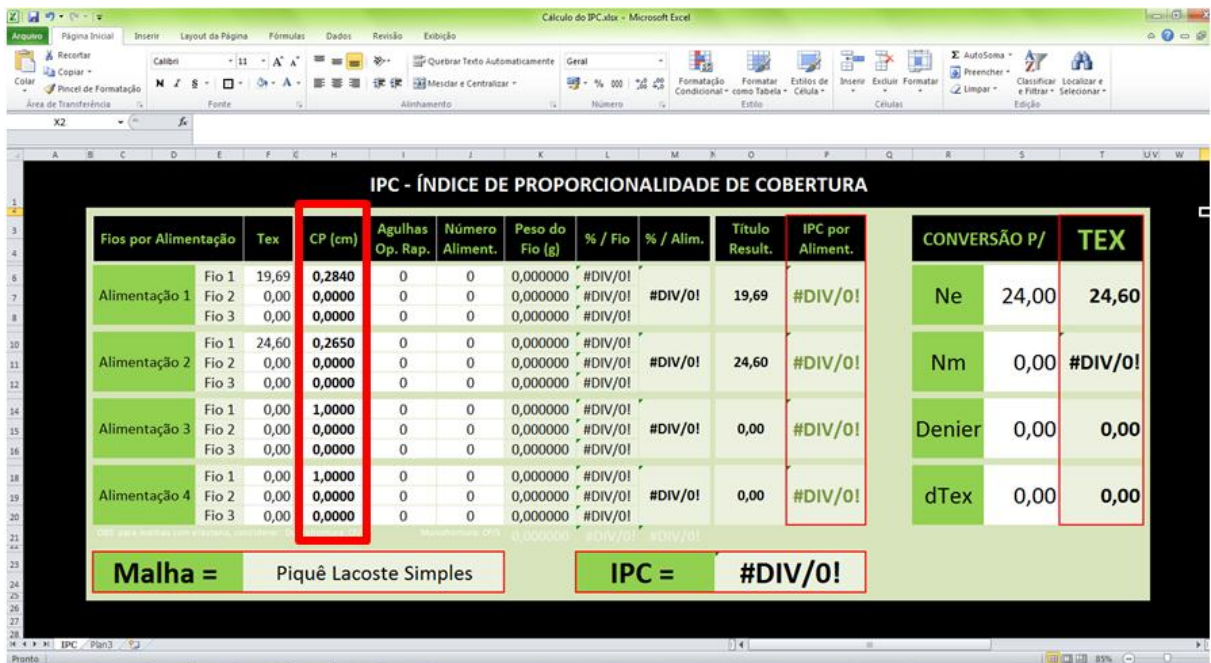


Figura 4.8 – Registro do Comprimento do Ponto

d) Registro do número de agulhas em operação no raporte

Na quarta etapa, o usuário informa somente a quantidade de agulhas que estão em operação. Informação necessária para a projeção da proporção do fio em cada alimentação.

Fios por Alimentação	Tex	CP (cm)	Agulhas Op. Rap.	Número Aliment.	Peso do Fio (g)	% / Fio	% / Alim.	Título Result.	IPC por Aliment.	CONVERSÃO P/	TEX	
Alimentação 1	Fio 1	19,69	0,2840	2	0	0,000000	#DIV/0!	19,69	#DIV/0!	Ne	24,00	24,60
	Fio 2	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
	Fio 3	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
Alimentação 2	Fio 1	24,60	0,2650	2	0	0,000000	#DIV/0!	24,60	#DIV/0!	Nm	0,00	#DIV/0!
	Fio 2	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
	Fio 3	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
Alimentação 3	Fio 1	0,00	1,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!	0,00	#DIV/0!	Denier	0,00	0,00
	Fio 2	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
	Fio 3	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
Alimentação 4	Fio 1	0,00	1,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!	0,00	#DIV/0!	dTex	0,00	0,00
	Fio 2	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					
	Fio 3	0,00	0,0000	0	0	0,000000	#DIV/0!					

Malha = Piquê Lacoste Simples IPC = #DIV/0!

Figura 4.9 – Registro do Número de Agulhas

e) Registro do número de alimentadores por alimentação

Na quinta etapa, o usuário informa a quantidade de alimentadores em operação. Informação necessária para a projeção da proporção do fio em cada alimentação.

Fios por Alimentação	Tex	CP (cm)	Agulhas Op. Rap.	Número Aliment.	Peso do Fio (g)	% / Fio	% / Alim.	Título Result.	IPC por Aliment.	CONVERSÃO P/	TEX	
Alimentação 1	Fio 1	19,69	0,2840	2	1	0,000112	46,17	19,69	7,21	Ne	24,00	24,60
	Fio 2	0,00	0,0000	0	0	0,000000	0,00					
	Fio 3	0,00	0,0000	0	0	0,000000	0,00					
Alimentação 2	Fio 1	24,60	0,2650	2	1	0,000130	53,83	24,60	10,07	Nm	0,00	#DIV/0!
	Fio 2	0,00	0,0000	0	0	0,000000	0,00					
	Fio 3	0,00	0,0000	0	0	0,000000	0,00					
Alimentação 3	Fio 1	0,00	1,0000	0	0	0,000000	0,00	0,00	0,00	Denier	0,00	0,00
	Fio 2	0,00	0,0000	0	0	0,000000	0,00					
	Fio 3	0,00	0,0000	0	0	0,000000	0,00					
Alimentação 4	Fio 1	0,00	1,0000	0	0	0,000000	0,00	0,00	0,00	dTex	0,00	0,00
	Fio 2	0,00	0,0000	0	0	0,000000	0,00					
	Fio 3	0,00	0,0000	0	0	0,000000	0,00					

Malha = Piquê Lacoste Simples IPC = 17,29

Figura 4.10 – Registro do Número de Alimentadores

Após a execução dessas etapas, a ferramenta apresenta o valor do IPC para a malha em análise. É importante observar que, apesar de ser uma ferramenta simples e prática, são necessários conhecimentos mínimos em análise da malha e aspectos técnicos de malharia para seu preenchimento.

4.3.2 Estudo experimental do modelo IPC

Os experimentos foram testados por desenvolvedores de malha, simulando o cálculo do IPC, com o objetivo de verificar o comportamento do modelo e da ferramenta quando utilizada por profissionais da área têxtil.

4.3.2.1 Execução do experimento

Entre os dias 8 e 18 de janeiro de 2013, foram realizados os experimentos do modelo IPC proposto neste estudo. O experimento ocorreu para as seis empresas, das treze empresas participantes do levantamento diagnóstico, segundo critério de seleção apresentado na seção 3.2.2.1.

Por questão de sigilo, para esse experimento foram mantidos os nomes designados para as empresas participantes do levantamento diagnóstico. Foram selecionadas as seguintes empresas: A1, A2, B1, B3, C1 e C6.

Para facilitar o entendimento da execução do experimento, são apresentadas esquematicamente na Figura 4.11 todas as etapas para esse processo.

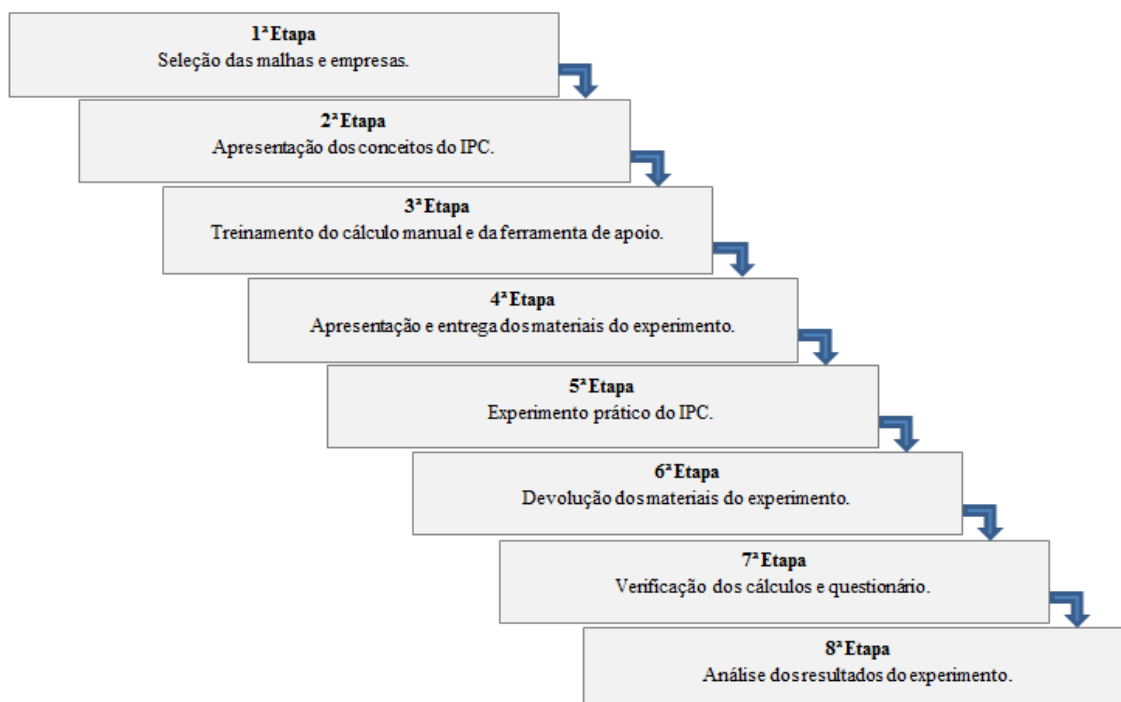


Figura 4.11 – Etapas do Experimento

Inicialmente, todos os participantes tomaram conhecimento sobre os objetivos do experimento. Em seguida foi realizado um treinamento, expondo a teoria e a prática do modelo IPC e sua utilização. O treinamento ocorreu na própria empresa do entrevistado, em um ambiente no qual fosse possível executar os cálculos manualmente. Exigiu-se, como requisito mínimo, um computador com o programa Excel instalado para apresentar e praticar a ferramenta de apoio.

Após o treinamento, foi entregue um formulário contendo os parâmetros e as equações para calcular o IPC manualmente (ver Apêndice 2) e outro questionário ao final, mais um arquivo contendo a ferramenta de cálculo do IPC no Excel.

Todos os participantes realizaram o experimento individualmente e, após a conclusão, foram devolvidos todos os materiais preenchidos, sendo estes o formulário e o arquivo da ferramenta. Também, foi solicitado aos participantes que realizassem os cálculos pelo método atual que a empresa aplica para calcular a cobertura das malhas.

Após a realização dos experimentos, todos os participantes responderam a um questionário, também presente no Apêndice 2, composto de três perguntas, a fim de:

- 1) Relacionar a resultado obtido com o modelo IPC;
- 2) Tratar do entendimento e objetivo da tarefa; e
- 3) Obter a percepção do participante na utilização da ferramenta.

Os registros dos valores do IPC calculado manualmente (IPC-m), do IPC calculado através da ferramenta (IPC-f) e do FC para os experimentos realizados estão dispostos na Tabela 4.3, para análise comparativa.

Tabela 4.3 – Dados do Experimento com o Modelo IPC

Empresa	Modelo	Malha 1	Malha 2	Malha 3	Malha 4	Malha 5	Malha 6	Malha 7	Malha 8	Malha 9
A1	FC	17,48	17,48	NR	14,84	13,53	NR	16,74	14,65	12,59
	IPC-m	17,48	18,94	17,99	16,43	14,40	16,43	18,53	14,65	13,68
	IPC-f	17,48	18,94	17,99	16,43	14,40	16,43	18,53	14,65	13,68
A2	FC	17,48	17,48	17,99	14,84	13,53	16,43	16,74	14,65	12,59
	IPC-m	17,48	NR	NR	16,43	14,40	16,43	NR	14,65	NR
	IPC-f	17,48	18,94	17,99	16,43	14,40	16,43	18,53	14,65	13,68
B1	FC	17,48	NR	NR	14,84	13,53	NR	16,74	14,65	12,59
	IPC-m	17,48	NR	17,99	16,43	NR	16,43	NR	NR	NR
	IPC-f	17,48	18,94	17,99	16,43	14,40	16,43	18,53	14,65	13,68
B3	FC	17,48	17,48	NR	14,84	13,53	NR	16,74	14,65	12,59
	IPC-m	17,48	18,94	NR	16,43	14,40	16,43	18,53	14,65	NR
	IPC-f	17,48	18,94	17,99	16,43	14,40	16,43	18,53	14,65	13,68
C1	FC	17,48	NR	NR	14,84	13,53	NR	16,74	14,65	12,59
	IPC-m	17,48	NR	NR	NR	NR	16,43	NR	14,65	NR
	IPC-f	17,48	18,94	17,99	16,43	14,40	16,43	NR	14,65	13,68
C6	FC	17,48	17,48	NR	14,84	13,53	NR	16,74	14,65	12,59
	IPC-m	17,48	18,94	17,99	16,43	14,40	16,43	NR	NR	NR
	IPC-f	17,48	18,94	17,99	16,43	14,40	16,43	18,53	14,65	13,68

Nota:

(1) NR significa Não Respondeu

Na Tabela 4.3 observam-se todos os valores calculados do IPC-m, IPC-f e do FC por todos os participantes. Nessa análise dos resultados do experimento é possível avaliar as diferenças existentes entre os três fatores citados e se houve entendimento do modelo tanto no método manual quanto pela ferramenta de apoio.

Em relação aos cálculos feitos manualmente, observa-se que alguns participantes não conseguiram realizar os cálculos nos fatores. Nos campos preenchidos com a sigla NR (Não Respondeu), significa que o participante não realizou o cálculo. Essa situação se deu somente para o FC e o IPC-m e, entre os motivos de não ter respondido, estão o fato da equação não atender as estruturas do experimento e a dificuldade de realizar o cálculo.

Para os cálculos executados na ferramenta, nota-se que todos os participantes conseguiram realizar o experimento. Pelo relato dos participantes ao responderem o questionário após o experimento, observou-se que a ferramenta é simples e prática. Porém, houve alguns comentários que indicavam que certamente teriam dificuldades em coletar os dados, mas que com pouco treinamento estariam aptos para executar o cálculo.

Quanto ao questionário aplicado ao final do experimento, retratou-se exatamente os cálculos vistos na Tabela 4.3. Identificou-se que os participantes das empresas de grande porte - que normalmente possuem mais recursos técnicos, treinamentos e um volume maior de tipos de malhas desenvolvidas - apresentaram um desempenho melhor nos resultados. Já, os demais participantes apresentaram algumas dificuldades no cálculo pelo fato de não terem os mesmos conhecimentos em relação ao fator de cobertura.

4.3.3 Validação do IPC

Para validação do IPC adotou-se a realização de um estudo baseado em uma situação real de uma das empresas selecionadas para o experimento do cálculo do IPC e FC.

O objetivo do estudo foi comparar o FC e o IPC para os dados finais das malhas após o beneficiamento. Com esse comparativo, foi possível revelar se os resultados (aprovação ou reprovação) dos tecidos de malha estão mais coerentes com os resultados dos cálculos da cobertura das malhas realizados pelo FC ou pelo IPC.

Nesse estudo, foram trabalhadas as informações das malhas da própria empresa, a qual possui registro dos dados produtivos e das características das malhas desenvolvidas pela empresa.

Para efeito comparativo, segue-se a Norma AATCC 135 – 1992 (Associação Americana de Químicos e Coloristas Têxteis), que apresenta um limite de -5% (com sinal negativo para representar o encolhimento) para a alteração dimensional (AD). Dessa forma, são observados os dados das alterações dimensionais (encolhimentos na largura e comprimento) para as malhas da empresa participante. Para os valores abaixo de -5%, as malhas são consideradas aprovadas, enquanto as que apresentarem valores acima de -5% são consideradas reprovadas.

Além disso, adotaram-se os valores padrões de cobertura em 15 +/- 10%, ou seja, estariam com uma previsibilidade excelente de qualidade em termos de estabilidade dimensional os tecidos de malha que apresentassem valores entre 13,5 a 16,5 de cobertura.

A Tabela 4.4 apresenta os dados do estudo comparativo.

Tabela 4.4 – Dados do Estudo Comparativo entre o FC e o IPC

Malhas	AD largura	AD comprimento	Situação	FC	IPC
001	-5%	-5%	Aprovada	17,53	17,53
002	-3%	-5%	Aprovada	13,36	15,14
003	-5%	-3%	Aprovada	14,05	14,86
004	-11	-2	Reprovada	15,73	14,42
005	-2%	-1%	Aprovada	12,26	16,02
006	-7%	-3%	Reprovada	15,75	16,11

Nesse comparativo apresentado na Tabela 4.4, nota-se que os valores do IPC estão mais coerentes com as situações de aprovação e reprovação, seguindo os critérios previamente estabelecidos. Este fato ocorreu porque o cálculo do IPC permite considerar todos os fios e regulagens das malhas.

Ressalta-se que no processo, conforme citado na seção 2.3.2, existem outras variáveis que interferem nas características finais dos tecidos de malha. Assim, os valores dos cálculos podem apresentar alguma distorção em função de variáveis externas à equação estarem contribuindo para tal.

Para a malha 001, percebem-se valores iguais, uma vez que o FC também atende nesse caso por ser uma malha básica com um único tipo de fio. Para as demais malhas, aprovadas ou reprovadas, obtiveram-se valores diferentes entre o FC e o IPC, mas sempre o IPC se manteve mais próximo da realidade da situação das malhas.

Por fim, o IPC apresentou uma previsibilidade melhor, criando com isso um indicativo mais assertivo para o processo de desenvolvimento de malha. Essa assertividade garante para as empresas redução de tempo e material para cada nova malha.

Com o resultado desse estudo comparativo, é possível validar o IPC com o novo modelo para calcular o grau de cobertura dos tecidos de malha.

4.4 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS

A revisão bibliográfica realizada destacou exatamente a lacuna existente deixada pelo FC e, também, apresentou a importância desse fator para as malharias.

O levantamento diagnóstico retratou a realidade das empresas quanto ao uso e conhecimento sobre esse fator. Observou-se também que alguns profissionais entrevistados, apesar de conhecerem o FC, possuem dificuldades em calcular o mesmo. E, de certa forma, algumas empresas negligenciam sua aplicação pelo fato de não confiarem em seu resultado, e isso é uma consequência do baixo conhecimento, por não atender a todas as malhas de seu portfólio.

O estudo do modelo IPC permitiu compreender todas as variáveis diretas e indiretas envolvidas no seu cálculo, através da prévia análise das variáveis que interferem no cálculo. Além desse estudo das variáveis, foi considerado o fato da possibilidade da presença de mais de um fio na estrutura da malha, gerando com isso uma participação diferenciada por fio e por alimentação. Essa proporcionalidade de alimentação passou a ser considerada, através do cálculo do peso de cada fio, para o novo modelo possibilitando então integrar todos os fios pertencentes à estrutura, sendo que o modelo FC não apresenta essa variável.

A ferramenta de apoio para o cálculo do IPC viabilizou a validação, pois tornou esse processo mais simples, ágil e confiável. O cálculo do IPC pode ser realizado manualmente, conforme visto na seção 4.3.2. Porém, na aplicação prática realizada através do experimento, esse cálculo conduzido manualmente apresentou-se um tanto extenso e complexo. Por esse motivo, justifica-se a construção desta ferramenta, que pode ser aplicada por meio de planilhas eletrônicas tão comumente utilizadas nas empresas.

Com o experimento, verificou-se o comportamento do modelo IPC, tanto relativo às suas limitações, como também relativo às diferenças de valores para o modelo FC. Entre os dois modelos não houve diferença somente para as malhas básicas com um único tipo de fio, fato que já era esperado em função dos estudos produzidos anteriormente. Os participantes relataram algumas dificuldades em relação ao cálculo manual do IPC. Isso se deve pelo curto tempo de experiência com as novas equações e pelo pouco conhecimento já apresentado com o indicativo FC.

Na validação do IPC o objetivo foi atingido, pois apresentou resultados mais coerentes com as situações de aprovação e reprovação das malhas analisadas. Nesse caso, a empresa que utilizar o IPC terá uma melhor previsibilidade em seus desenvolvimentos.

Acredita-se que a utilização do modelo IPC proposto para aplicação na previsibilidade da qualidade em termos de estabilidade dimensional e características finais dos tecidos de malha evitará retrabalhos no momento do tecimento das malhas. Isto se deve ao fato de que o modelo considera todas as variáveis que contribuem na construção do tecido de malha.

Verifica-se que a metodologia proposta utilizada na condução deste trabalho foi adequada e de fácil entendimento e aplicação, cujos resultados já foram esclarecidos.

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões deste trabalho, como também, ao final são apresentadas indicações de trabalhos futuros.

5.1 CONCLUSÃO

O modelo proposto por Grosberg para cálculo do FC certamente teve sua contribuição e foi um avanço para o setor de malharia. Até o presente momento, o FC é a única forma encontrada para que a malharia pudesse ter um indicativo da qualidade antes mesmo de produzir a amostra física de malha. Contudo, esse modelo não acompanhou a evolução dos tecidos e das tecnologias, uma vez que surgiram diversas estruturas diferenciadas de tecidos de malha e os teares agregaram novos recursos de tecimento.

A presente dissertação tornou explícita a importância do índice na previsibilidade da qualidade e características dos tecidos de malha. Além disso, proporcionou um melhor entendimento de toda a cadeia têxtil, das questões técnicas de malharia envolvidas no processo de desenvolvimento e produção dos tecidos de malha e, ainda, foi possível obter uma classificação dos tecidos de malha, distinguindo-os entre básicos e diferenciados.

Em todas as etapas desta dissertação, o estudo buscou a interação dos referenciais bibliográficos com a prática das indústrias, o que possibilitou a concepção de um conhecimento de uso teórico e prático no cotidiano das mesmas.

A pesquisa de campo constatou que, independente do porte da empresa (i.e. pequena, média ou grande), todas que usam o fator de cobertura apontam para sua importância, mas não possuem conhecimento suficiente para sua aplicação, seja em malhas com estruturas básicas, seja em diferenciadas. Apesar de os profissionais entrevistados apresentarem uma experiência média de seis anos de atuação no desenvolvimento de malhas, nenhum apresentou convicção ao comentar sobre a prática do uso do fator de cobertura.

Em alguns casos, os profissionais entrevistados apresentaram dificuldades inclusive em tratar de questões mais básicas. Entre essas dificuldades estão o limitado conhecimento em termos de tipos e especificações dos fios e regulagens de máquinas. Isso

demonstra o porquê da dificuldade de calcular o fator de cobertura, uma vez que esse cálculo envolve estes dois elementos: fio e regulagem.

Os estudos sobre desenvolvimento dos tecidos de malha apresentados na revisão bibliográfica destacaram a importância do FC para a condução dos projetos dos novos tecidos de malha. Embora explícita e real a importância deste fator, algumas malharias por negligência ou desconhecimento acabam não utilizando como um suporte nas tomadas de decisão se o tecido projetado deve seguir adiante. Com isto, corre-se o risco de ocasionar retrabalhos no desenvolvimento das malhas, consumindo recursos como, fios, equipamentos, mão-de-obra e tempo, atrasando a entrega e tornando o este processo mais caro.

Após o estudo do modelo proposto por Grosberg para cálculo da cobertura dos tecidos de malha, foi desenvolvida uma nova equação para tornar esse cálculo mais amplo, em termos de abrangência de tipos de malhas, e possibilitar melhor previsibilidade em relação aos resultados finais de aprovação ou reprovação das especificações dos tecidos de malha.

O modelo IPC para o cálculo do grau de aperto apresentado nesta dissertação visou solucionar as lacunas do modelo de Grosberg, com a perspectiva de integrar diversos outros tipos de tecidos de malhas.

Na discussão com os participantes sobre os resultados obtidos, ao utilizar a nova proposta de cálculo, registrou-se um comentário por parte de todos que, a princípio, parecia desnecessário e impossível calcularem o IPC para outras malhas que não fossem as básicas. Mas ao mesmo tempo, entendiam que precisavam seguir algum parâmetro para terem maior certeza do acerto ao desenvolver uma malha baseada ou não em uma amostra.

O preenchimento incorreto ou não preenchimento do valor do IPC na ficha técnica de malharia acarreta na incerteza para a sequência do desenvolvimento de novas malhas. Os participantes novamente, conforme observado no levantamento diagnóstico, afirmaram que tinham dificuldades nesse cálculo e, por muitas vezes, colocavam um valor na ficha técnica sem ter certeza se realmente representava a realidade.

Com base nos resultados obtidos, é possível notar que o modelo proposto está adequado para ser aplicado pelas malharias. Uma das vantagens do IPC é a utilização dos mesmos dados das malhas, fios e teares que os profissionais já possuem no momento de projetar a malha. E após estudo das variáveis envolvidas e uma simples alteração na forma de calcular, geraram-se condições de ampliar a gama de tecidos de malha atendida.

Ainda, conforme relatado por três participantes, houve algumas dúvidas na etapa do cálculo manual, pois são várias equações para utilização dos dados. Esse fato reforça a necessidade de ter uma ferramenta de apoio própria para o cálculo do IPC, de preferência

integrada ao sistema da empresa, para que, de forma automática, calcule o IPC ao digitar os dados na ficha técnica.

Logo, para apoiar e facilitar esse cálculo, foi elaborada também uma ferramenta aplicada em planilhas eletrônicas que proporcionam maior agilidade e confiabilidade nos cálculos. A ferramenta buscou seguir o sequenciamento do cálculo no modelo IPC feito manualmente.

Nessa aplicação, foi possível notar os ganhos que o modelo IPC pode gerar no desenvolvimento de novas malhas, sem deixar de mencionar o auxílio no acerto dos cálculos das malhas antigas, de forma que as malharias tenham em seu acervo esses dados corretos e parametrizados. Isso porque no levantamento diagnóstico foram percebidos os erros cometidos quando do cálculo do fator de cobertura.

Uma das possíveis barreiras, na implementação do modelo IPC proposto, está relacionada à popularidade que o FC tenha em função de ser o único conhecido e utilizado mundialmente. Certamente, o modelo IPC deverá passar por várias comprovações pelas malharias até que consiga conquistar seu reconhecimento.

A limitação desta dissertação está relacionada com a não inclusão das malhas produzidas em teares *jacquard* por questões de variação do consumo de fio no raporte. Esses tipos de tecidos de malha possuem uma variação muito grande de alimentações (diferentes comprimentos de ponto a cada curso), o que dificulta a análise para se definir um comprimento de ponto padrão. Certamente, essa limitação apresentada nesta dissertação pode ser tema de estudo para futuras pesquisas.

Por fim, pelos resultados obtidos com esta dissertação, conclui-se que os objetivos propostos na seção 1.1 foram alcançados.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ainda, como recomendação para trabalhos futuros, vê-se a necessidade de estudar o padrão de referência do IPC, que atualmente é $15 \pm 10\%$ (i.e. entre 13,5 a 16,5). Também, não menos importante é considerar que pode haver uma diferença entre este padrão para tecidos de malha produzidos por teares monofrontura e dupla frontura.

REFERÊNCIAS

ABIT. **Balanco 2010. Perspectivas 2011** – Setor Têxtil e Confecção. 2010. Disponível em: (www.abit.org.br). Acesso em 18 dez. 2011.

_____. **Debate: A indústria têxtil e de vestuário do Brasil: seu papel nas Américas e no mundo.** 2011a. Disponível em: (www.abit.org.br). Acesso em 18 dez. 2011.

_____. **Pólos têxteis e de confecção.** 2011b. Disponível em: (www.abit.org.br). Acesso em 18 dez. 2011.

_____. **Panorama do mercado de tecidos de malha.** IEMI – Instituto de Estudos e Marketing Industrial. 2011c. Disponível em: (www.abit.org.br). Acesso em 18 dez. 2011.

ALFIERI, Paulo. **Fibras têxteis.** Curso de Engenharia Têxtil. Rio de Janeiro: Faculdade de Engenharia Industrial. 1991.

AQUINO, M. S. **Apostila de métodos e processo de manufatura de malha I.** Departamento de Engenharia Têxtil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2008.

ARAÚJO, M.; CASTRO, E.M.M. **Manual de engenharia têxtil.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1986-87.

BNDES. **Setor têxtil – malharias.** 1994. Disponível em: (www.bndes.gov.br). Acesso em 22 abr. 2012.

BRAGA JUNIOR, E.; HEMAIS, C. A. A indústria têxtil frente à concorrência internacional – abordagem estratégica. **Revista ABTT – Associação Brasileira dos Técnicos Têxteis**, nº 000, ano 01, 2008, p.28-32.

CHEREM, L. F. C. **Um modelo para a predição da alteração dimensional em tecidos de malhas de algodão.** 2004. 294 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CHEREM, L. F. C.; SOUZA, S. M. A. G. U.; SOUZA, A. A. U. Predição da alteração dimensional de tecidos de malha de algodão. **Revista Química Têxtil**, n. 81, p. 44-63, dez. 2005.

COLLIER, B. J.; TORTORA, P. G. **Understanding textile**. 11. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001.

COSTA, A. C. R. da; ROCHA, E. R. P. Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecção e a questão da inovação. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 29, p. 159-202. 2009.

COSTA, A. C. R. da; MONTEIRO, D. C; GUIDOLIN, S. M. Inovação nos setores de baixa e média tecnologia. **BNDES Setorial**. n. 33, p.379-429. 2011.

FILGUEIRAS, A.P.A. **Optimização do design total de malhas multifuncionais para utilização em vestuário desportivo**. Portugal, 2008. Tese de Doutorado em Engenharia Têxtil – Universidade do Minho. 2008.

FONTENELLE, B. F. T. **Processos de lançamento de novos produtos: um estudo do setor de vestuário em empresas de médio e grande porte do estado de Santa Catarina – Brasil**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Administração – PPGAD, Florianópolis. 2004.

GORINI, A. P. F.; SIQUEIRA, S. H. G.; BERINGUY, A. A. Tecelagem e malharia – Área de operações industriais I. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, 2002.

HEAP, S. A.; STEVENS, J.C. Shrinkage. If you can predict it then you can control it. **Cotton Technollogy International**. Raleigh. n.1. 1992.

HEYWOOD, D. **Textile finishing**. Hampshire, UK: Society of Dyers and Colourists, 2003.

HERATH, C. N.; KANG, B. C. Dimensional Stability of Core Spun Cotton/Spandex Single Jersey Fabrics under Relaxation. **Textile Research Journal**. 2008 78: 209.

IEMI. **Relatório setorial da cadeia têxtil brasileira**. São Paulo, v. 2, n. 2, 2001. Edição Especial.

JORDAN, M. B. P.. **Processo de desenvolvimento de produto: um estudo para a indústria têxtil**. 2004. 80 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

JURAN, J.M. & GRZYNA, F. M. **Controle da qualidade: handbook**. v.1. São Paulo: Ed. McGraw Hill. 1991.

KAMIYA, R.; CHEESEMAN, B.; A. POPPER, P.; CHOU, T. Some recent advances in the fabrication and design of three-dimensional textile performs: a review. **Composites science and technology**, ed. Elsevier, pg. 33-47, 2000.

KOTHE, J.; BÜHER, G.; PRYGODA, S.; WARKUS, C. Examen del aspect de las mllas e dispositivos sensoriales como medios auxiliaries para garantizar la calidad de los tejidos de punto obtenidos em máquinas circulares. International Textile Bulletin – **Hilanderia y Tejeduria, Tricotaje**, v.42, p.14-17, 1996.

LEEDS. **História de Percy Grosberg**. 2012. Disponível em: (www.leeds.ac.uk). Acesso em 23.abr. 2013.

LYER, C.; MAMMEL, B.; SCHÄCH, W. **Circular knitting: tecnology, process, structures, yarns, quality**. Bamberg: Meisenbach, 1992.

MACEDO, A. M. K. S. **Análise de malhas**. Curso técnico têxtil: Malharia e Confecção. Araranguá: IFSC. 2009.

MDIC. **Panorama do Setor Têxtil no Brasil**. 2012. Disponível em: (www.mdic.gov.br). Acesso em: 21 abr. 2013.

MIB – Modelagem Industrial Brasileira. **Encolhimento de tecidos**, 2010. Disponível em: (modelagemmib.blogspot.com). Acesso em: 06 ago. 2012.

MT COTTON MATO GROSSO COTTON. **Estatísticas mundiais de produção e produtividade**. Disponível em: (www.mtcotton.com.br). Acessado em: 2004.

NEVES, M. **Desenho Têxtil – Malhas. Gráfica Grafigamelas**, Portugal, vol. 2, 2000.

OLIVEIRA, G. N. **Construindo um sistema de desenvolvimento de produtos em empresa têxtil por intermédio de gestão de portfólio e QFD**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Produção – UFMG. Minas Gerais. 2007.

PEZZOLO, Dinah Bueno. **Tecidos: história, tramas, tipos e usos**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007.

PITTOLI, M. **Sistemas de titulação dos materiais têxteis**. IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina. Araranguá- SC. Apostila - 2008.

RIBEIRO, L. G.; ANDRADE FILHO, J. F. de; SANTOS, L. F. dos et al. **Introdução à tecnologia têxtil**. Rio de Janeiro: CETIQT, 1984-87. v.3.

RODRIGUES, R. S; CZIULIK. C. O desenvolvimento de produto nas indústrias têxteis produtoras de tecido: um comparativo entre a teoria e a prática. **8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto**. Porto alegre. RS. Brasil. 2011.

ROMERO, L. L.; VIEIRA, J. O. W. M.; MARTINS, R. F.; MEDEIROS, L. A. R. de. **Área de operações industriais** – Malharias. Dez/1994.

ROMERO, L. *et al.* **Setor têxtil. Relato setorial BNDES**. 1995. Disponível em: (www.bndes.gov.br). Acessado em: dez. 2012.

ROSÁRIO, R. J. **Estudos de têxteis funcionais – avaliação do desempenho**. Portugal, 2008. Tese de Doutorado em Engenharia Têxtil – Departamento de Engenharia Têxtil (DET) da Escola de Engenharia da Universidade do Minho (UM), 2008.

SABINO, N.P. **Fibras têxteis**. Instituto Agrônomo de Campinas, Seção de Tecnologia de Fibras. Campinas, São Paulo, 1995.

SANCHES, R. A. **Procedimento para o desenvolvimento de tecido de malha a partir de planejamento de experimento**. 2006. 221 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SCHAEFER, M. F.; OLIVEIRA, R. **Alteração dimensional da malharia circular**. Unifebe, Centro de Design de Moda. Brusque, 2011.

SCHUMPETER, J. A. **A teoria do desenvolvimento econômico**. Coleção Os economistas. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SEBRAE. **Classificação empresarial**. 2012. Disponível em: (www.sebrae-sc.com.br). Acesso em: 10 set. 2012.

SENAI/CETIQT. **Tecnologia têxtil**. Conhecimentos Básicos. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia da Indústria Têxtil, 1995.

SILVA, A. da. **A organização do trabalho na indústria do vestuário: uma proposta para o setor da costura**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 4-120, 2002.

SILVA, M. **Apostila de Introdução à malharia** – Bases de Fundamentação. UFRN. 2008.

SOUZA, G. **Materiais e processo têxtil**. Curso técnico têxtil: Malharia e Confecção. 2ª ed. Jaraguá do Sul: CEFET, SC, 2003.

SPENCER, D.J. **Knitting technology**. 2. ed. Oxford: Pergamon Press, 1989.

VERNALHA, H. B.; PIRES, S. R. I. Um modelo de condução do processo de outsourcing e um estudo de caso na indústria de processamento químico. **Revista Produção**. Maio/Ago. de 2005, Vol. 15, 2, pp. 273-285.

WITKOSKI, M. **Processo operacional de tear circular e manutenção**. Curso técnico têxtil: Malharia e Confecção. Jaraguá do Sul: IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina, 2009.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO PARA O LEVANTAMENTO
DIAGNÓSTICO

Questionário aplicado com o objetivo de mapear o grau de conhecimento, de importância e de aplicação do fator de cobertura, na região de Jaraguá do Sul.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Gerência de Pesquisa e Pós-Graduação
Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais



Vandré Stein, Eng. de Produção Pesquisador – Mestrado PPGEM/UTFPR	Prof. Milton Borsato, Ph.D. Professor Orientador - UTFPR
PESQUISA: Um estudo da aplicação do fator de cobertura para previsibilidade das características da qualidade dos tecidos de malha.	
OBJETIVO DA PESQUISA – A presente pesquisa tem como objetivo mapear o uso do fator de cobertura no processo desenvolvimento de tecidos de malha, nas malharias de Jaraguá do Sul e região. Desta forma, visa diagnosticar e formular uma alteração neste indicativo da qualidade de forma que se torne mais abrangente em termos de tipos de estruturas de tecidos de malha produzidos em teares circulares por trama.	
SIGILO DAS INFORMAÇÕES – Todas as informações fornecidas são confidenciais, utilizadas somente para fins de pesquisa. O nome da empresa será mantido em sigilo e não será mencionado na dissertação (serão empregados códigos e.g. Empresa B). Após a finalização da pesquisa, em havendo manifestação de interesse, os resultados serão enviados.	
1. INFORMAÇÕES GERAIS DA EMPRESA	
1.1 Nome da empresa:	
1.2 Campo de atuação:	
1.3 Principais malhas produzidas:	
1.4 Cargo do profissional entrevistado:	
1.5 Tempo de experiência do entrevistado:	
2. MAPEAMENTO DO USO DO FATOR DE COBERTURA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE TECIDOS DE MALHA	
2.1 A empresa possui um setor/equipe responsável pelo desenvolvimento de tecidos de malha? A – () Sim. B – () Não.	
2.2 O desenvolvimento de tecidos de malha é conduzido pela experiência de quais profissionais? A – () Especialista em design de tecidos de malha . B – () Técnico Têxtil. C – () Mecânico de teares. D – () Outros. Quais?	
2.3 Dos fatores de desempenho abaixo relacionados, qual o principal a ser considerado no desenvolvimento de novos tecidos de malha? A – () Custo. B – () Qualidade. C – () Aparência. D – () Outro. Qual?	
2.4 Há algum procedimento, na malharia, para garantir que o desenvolvimento esteja de acordo com o projetado? A – () Sim – Qual: () Estabilidade Dimensional () Confere CP () Análise Completa da malha B – () Não.	
2.5 Quais as maiores dificuldades encontradas durante o desenvolvimento dos tecidos de malha na malharia? A – () Falta de informações (não saber exatamente quais as especificações pretendidas). B – () Falta de conhecimento técnico (não conhecer todas as matérias-primas, equipamentos, procedimentos)	

<p>e ferramentas).</p> <p>C – () Falta de recursos (não possuir os aparelhos, equipamentos e ferramentas mínimas necessárias).</p>
<p>2.6 Qual o índice de reprovação no desenvolvimento de novos tecidos de malha, decorrente do produto final não atender aos requisitos solicitados?</p> <p>A – () até 10%</p> <p>B – () de 11 a 25%</p> <p>C – () de 26 a 50%</p> <p>D – () de 51 a 75%</p> <p>E – () acima de 75%</p>
<p>2.7 O Fator de Cobertura é utilizado pela empresa?</p> <p>A – () Sim.</p> <p>B – () Não.</p>
<p>2.8 Qual o grau de conhecimento do Fator de Cobertura como um dos indicativos de qualidade do tecido de malha?</p> <p>A – () Ruim.</p> <p>B – () Razoável.</p> <p>C – () Ótimo.</p>
<p>2.9 No processo de desenvolvimento dos tecidos de malha, o Fator de Cobertura é considerado para a decisão de continuar ou não com o tecimento da nova malha?</p> <p>A – () Nunca.</p> <p>B – () Raramente.</p> <p>C – () Sempre.</p>
<p>2.10 Caso seja utilizado o Fator de Cobertura, em quais tipos de estruturas de tecidos de malha é aplicado?</p> <p>A – () Todas as malhas.</p> <p>B – () Todas as malhas produzidas em teares monofrentura.</p> <p>C – () Todas as malhas produzidas em teares dupla frontura.</p> <p>D – () Somente as malhas básicas em monofrentura (Meia malha, Piquet, Moletom).</p> <p>C – () Somente as malhas básicas em dupla frontura (Ribana e Interlock).</p>
<p>2.11 Qual a sua opinião em relação à importância do Fator de Cobertura como indicativo da qualidade do tecido de malha?</p> <p>A – () Nenhuma.</p> <p>B – () Razoável.</p> <p>C – () Muita.</p> <p>D – () Não utiliza/conhece.</p>
<p>2.12 Qual a maior dificuldade para calcular e aplicar o Fator de Cobertura?</p> <p>A – () Conhece a equação, mas não sabe calcular.</p> <p>B – () Desconhece a equação para o cálculo.</p> <p>C – () Não sabe calcular para as malhas diferenciadas.</p> <p>D – () Não se aplica.</p>
<p>3. TESTE DE APLICAÇÃO DO FATOR DE COBERTURA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE TECIDOS DE MALHA</p>
<p>3.1 Exemplo 1.</p> <p>Conforme os dados abaixo, qual o valor do Fator de Cobertura?</p> <p>Dados:</p> <p>Estrutura Básica = Meia malha.</p> <p>Comprimento de Ponto = 0,254 cm.</p> <p>Fio = 30/1 Ne 100% CO (100% de participação).</p> <p>Qual o Fator de Cobertura?</p>
<p>3.2 Exemplo 2.</p> <p>Conforme os dados abaixo, qual o valor do Fator de Cobertura?</p> <p>Dados:</p> <p>Estrutura Básica = Meia Malha (básica).</p> <p>Comprimento de Ponto = 0,254 cm.</p> <p>Fio = 30/1 Ne 100% CO (96% de participação – disposição em todos os alimentadores).</p> <p>Fio = 40 Denier 100% PUE (4% de participação – disposição 1x1 nos alimentadores, ou seja, 50%).</p>

Qual o Fator de Cobertura?

3.3 Exemplo 3.

Conforme os dados abaixo, qual o valor do Fator de Cobertura?

Dados:

Estrutura Diferenciada = Ribana trabalhada.

Comprimento de Ponto = 0,600 cm.

Fio = 30/1 Ne 100% CO (96% de participação – disposição em todos os alimentadores).

Fio = 40 Denier 100% PUE (8% de participação somente no disco – disposição em 100% dos alimentadores, ou seja, 1x1).

Disposição das Agulhas: 100% das agulhas no disco e 2x2 no cilindro.

Qual o Fator de Cobertura?

APÊNDICE B – FORMULÁRIO APLICADO NO EXPERIMENTO DO MODELO IPC

Formulário aplicado com o objetivo de analisar o uso do novo modelo de cálculo da cobertura da malha. Como também avaliar o grau de entendimento por parte dos usuários.



Vandré Stein, Eng. de Produção Pesquisador – Mestrado PPGEM/UTFPR	Prof. Milton Borsato, Ph.D. Professor Orientador - UTFPR	
<p>PESQUISA: Um estudo da aplicação do fator de cobertura para previsibilidade das características da qualidade dos tecidos de malha.</p>		
<p>OBJETIVO DO EXPERIMENTO – O presente experimento tem como objetivo analisar a aplicabilidade do IPC para calcular a cobertura no processo desenvolvimento de tecidos de malha. Desta forma, visa alterar o indicativo da qualidade de forma que se torne mais abrangente em termos de tipos de estruturas de tecidos de malha produzidos em teares circulares por trama.</p>		
<p>SIGILO DAS INFORMAÇÕES – Todas as informações fornecidas são confidenciais, utilizadas somente para fins de pesquisa. O nome da empresa será mantido em sigilo e não será mencionado na dissertação (serão empregados códigos e.g. Empresa B). Após a finalização da pesquisa, em havendo manifestação de interesse, os resultados serão enviados.</p>		
INFORMAÇÕES GERAIS DA EMPRESA		
Nome da empresa:		
Cargo do profissional entrevistado:		
CÁLCULO DO IPC		
Tabela com as etapas e equações para o cálculo do IPC		
Etapa	Descrição	Equação
Primeira	Definição das características da malha	Não há
Segunda	Agulhas em operação (A_{OR})	Não há
Terceira	Comprimento de ponto (CP)	$CP = \frac{LFA}{A_o}$
Quarta	Calcular o peso para cada fio	$P = \left(\frac{\left(\frac{CP \times A_{OR}}{100} \right) \times T}{K} \right) \times NA$
Quinta	Cálculo do percentual de cada fio	$P_T = \sum_{i=1}^n P_i$ $\%Part = \left(\frac{P_n}{P_T} \right) \times 100$

Sexta	Cálculo do percentual de participação por alimentação	$\%Part = \sum_{i=1}^n \%Part_i$
Sétima	Cálculo do título resultante (T_R)	$T_R = \sum_{i=1}^n T_i$
Oitava	Cálculo do IPC por alimentação	$IPC_A = \left(\frac{\sqrt{T_R}}{CP} \right) \times \left(\frac{\%Part}{100} \right)$
Nona	Cálculo do IPC final	$IPC = IPC_{A1} + IPC_{A2}$

Tabela com os parâmetros e características dos tecidos de malha

Tipo Malha	Malhas	Fios	CP (cm)	Tipo de Tear
1	Meia Malha	Fio 1 = 30/1 Ne	0,2538	Tipo 1
2	Piquê Lacoste Simples	Fio 1 = 30/1 Ne Fio 2 = 24/1 Ne	0,2538 0,2462	Tipo 1
3	Xadrez 2x2	Fio 1 = 16,7 Tex cor A Fio 2 = 16,7 Tex cor B	0,2272 0,2272	Tipo 1
4	Meia Malha	Fio 1 = 30/1 Ne Fio 2 = 40 Denier	0,2990 0,0598	Tipo 2
5	Moletom	Fio 1 = 24/1 Ne Fio 2 = 10/1 Ne	0,3280 0,5114	Tipo 2
6	Crepe 24x60	Fio 1 = 30/1 Ne	0,2700	Tipo 2
7	Ribana 1x1	Fio 1 = 30/1 Ne Fio 2 = 40 Denier	0,2650 0,0530	Tipo 3
8	Suedine Liso	Fio 1 = 24/1 Ne	0,3385	Tipo 3
9	Ribana Canelada 2x2	Fio 1 = 24/1 Ne Fio 2 = 40 Denier	0,3940 0,0788	Tipo 3

Tabela com os tipos de teares

Tipo Tear	Galga	Diâmetro	Qtd. agulhas	Alimentadores
1	28	30	Cilindro = 2640	96
2	24	30	Cilindro = 2268	96
3	18	34	Cilindro = 1920 Disco = 1920	70

QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE DO MODELO IPC E DA FERRAMENTA

1) Qual a sua opinião em relação resultado encontrado, comparado com a prática atual em sua empresa?

2) Qual a maior dificuldade para calcular e aplicar o IPC?

3) Qual sua percepção ao utilizar a ferramenta para calcular o IPC? É Viável?